



Sara Nabeira Frija

Licenciada em Ciências da Nutrição

Alterações nutricionais, organolépticas e de textura dos produtos hortícolas conservados – Uma revisão

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Tecnologia e Segurança Alimentar

Orientador: Professora Doutora Ana Luísa Almaça da Cruz
Fernando, Professora Auxiliar, FCT/UNL

Co-orientador: Professora Doutora Maria Fernanda Guedes
Pessoa, Professora Auxiliar, FCT/UNL

Júri:

Presidente: Prof. Doutora Ana Lúcia Monteiro Durão Leitão
Arguente(s): Doutora Ana Cristina Martins Ramos
Vogal(ais): Doutora Maria Margarida Ribeiro Lobo Sapata
Prof. Doutora Ana Luisa Almaça da Cruz Fernando
Prof. Doutora Maria Fernanda Guedes Pessoa



FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Setembro 2012

Alterações nutricionais, organolépticas e de textura dos produtos hortícolas conservados – Uma revisão

“Copyright” em nome de Sara Nabeira Frija, da FCT/UNL e da UNL

“A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objectivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor”.

Resumo

A ingestão de produtos hortícolas em quantidades adequadas tem sido associada à prevenção e/ou redução do risco de alguns tipos de doença. Após a colheita, os produtos hortícolas são susceptíveis de degradação, com consequências em termos da segurança e da qualidade do alimento. Neste caso, a utilização de métodos de conservação pode ser a solução de forma a garantir a manutenção da qualidade do produto a longo prazo com uma perda de qualidade nutricional e organoléptica mínima, podendo ainda agregar valor ao produto final. No entanto, podem também induzir alterações nestes alimentos.

Relativamente aos métodos de conservação estudados, no que diz respeito ao tempo de conservação, a secagem, a fermentação, conservação pelo calor, congelação e radiação ionizante, são os métodos que permitem que os vegetais sejam conservados por períodos mais longos. A refrigeração, HPP, conservação por modificação da atmosfera, e a utilização de biofilmes, adiantam o tempo de vida útil dos produtos em apenas alguns dias.

No que concerne a perdas nutricionais, a maioria dos métodos conduz à perda de vitamina C. Há ainda perda de vitaminas hidrossolúveis, e capacidade antioxidante em alguns destes métodos. As perdas nutricionais quando se aplicam biofilmes, radiação ionizante, HPP ou atmosfera modificada são muito pouco significativas.

No que diz respeito a alterações organolépticas e de textura, as mais significativas são a perda de firmeza, amolecimento/dureza, descoloração/escurecimento, na refrigeração, congelação, secagem e enlatamento. A conservação por modificação da atmosfera retarda estas alterações, a utilização dos biofilmes melhora a aparência mas pode alterar o sabor de uma forma significativa.

Podem ser utilizados vários métodos de conservação no mesmo alimento, em sequência, de forma a aumentar a vida útil do alimento.

A comparação nutricional dos produtos frescos, e conservados indica-nos que cada método de conservação facultar-nos nutrientes diferentes, contribuindo para uma variedade nutricional e complementaridade.

Abstract

The intake of vegetables in adequate quantities has been associated with the prevention and / or reduction of the risk of certain types of illness. After harvest, vegetables are susceptible to degradation, with consequences in terms of safety and quality of food. In this case, the use of methods of preservation may be the solution to ensure the maintenance of product quality in the long term with a minimal loss of nutritional and organoleptic quality, and may still add value to the final product. However, preservation methods can also induce changes in these foods.

Regarding the preservation methods already studied, with regard to shelf life, drying, fermentation, heat preservation, freezing and ionizing radiation, are the methods that allow longer shelf life. Refrigeration, HPP, conservation by modified atmosphere, the use of biofilms ensure a longer life than if no preservation was applied but only for some days.

Regarding the nutritional losses, most methods present losses of vitamin C. Loss of hidrosoluble vitamins and antioxidant activity is also reported for some of these methods. Nutritional losses associated with the use of biofilms, ionizing radiation, HPP or modified atmosphere are not significant

Regarding to organoleptic and textural changes the greatest loss occurred was firmness, softening/hardening, discoloration/browning, in refrigeration, freezing, drying and canning. Preservation by modified atmosphere delays these modifications, and the use of biofilms improves appearance but may change significantly flavor.

Various methods can be used in the preservation of the same vegetable, sequentially, in order to increase the shelf life of the product.

Comparison of nutritional fresh produce, and preserved shows us that each preservation method provides us different nutrients, contributing to a nutritional variety and complementarity.

LISTA DE ABREVIATURAS

1-MCP: 1-metilciclopropano

AIEA: Agência Internacional de Energia atômica

ACC: ácido 1-carboxílico-1-amino ciclopropano

ATP: Adenosina trifosfato

BAP: citocinina 6-benzilaminopurina

CNAN: Conselho Nacional de Alimentação e Nutrição, Comissão de Educação Alimentar

DDR: Dose diária recomendada

EUFIC: The European Food Information Council

FAO - Food and Agriculture Organization

HPP: Processamento a alta pressão

I3C: Indol-3-carbinol

INSA: Instituto Nacional de Saúde Ricardo Jorge

kGy: kilo Gray

MAP: Armazenamento em atmosfera modificada

MPa: Mega Pascal

OMS: Organização Mundial da Saúde

PME: Pectinametilsterase

PM-MAP: Perfuração mediada na embalagem de atmosfera modificada

PVC: Cloreto de polivinil

UV-C: Radiação ultravioleta C

ÍNDICE GERAL

Resumo	iii
Abstract	iv
Lista de abreviaturas	v
Índice Geral	vi
Índice de Figuras	vii
Índice de Quadros	viii
Objectivo do Estudo	1
1. Importância dos produtos hortícolas na alimentação humana	3
1.1. Fibra	4
1.2. Minerais	5
1.3. Vitaminas	6
1.4. Outros compostos	7
2. Manuseamento dos produtos hortícolas pós-colheita	10
2.1. Colheita	10
2.2. Processos fisiológicos nos produtos hortícolas pós-colheita	11
2.3. Processos de conservação	16
3. Técnicas de conservação de produtos hortícolas	18
3.1. Conservação pelo calor	18
3.2. Refrigeração	21
3.3. Congelação	23
3.4. Secagem	25
3.5. Conservação por modificação da atmosfera	27
3.6. Conservação por processos fermentativos	30
3.7. Radiação ionizante	31
3.8. Biofilmes	32
3.9. Processamento a alta pressão (HPP)	33
4. Alterações nutricionais e organolépticas e de textura em produtos hortícolas conservadas	35
4.1. Tratamento térmico - cocção	36
4.2. Tratamento térmico - enlatamento	38
4.3. Processos de fermentação	41
4.4. Secagem	42
4.5. Radiação Ionizante	45
4.6. Processamento a alta pressão (HPP)	46
4.7. Biofilmes	48
4.8. Conservação por modificação da atmosfera	50
4.9. Congelação	53
4.10. Refrigeração	62
5. Discussão/Conclusão	62
Bibliografia	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Cortes que surgem em tomates muito maduros	11
Figura 2.2: Couve-flor colhida fresca e couve-flor envelhecida, respectivamente	12
Figura 2.3: Relação entre a taxa respiratória e a longevidade pós-colheita de produtos hortícolas	12
Figura 2.4: <i>Russet spotting</i> da alface	15
Figura 2.5: Possíveis locais de inibição do etileno pelo CO ₂	16
Figura 3.1: Legumes conservados pelo calor em lata	20
Figura 3.2: Combinação de O ₂ e CO ₂ recomendáveis para armazenamento de vegetais. A área sombreada representa atmosferas atingíveis através do armazenamento em atmosfera modificada com polietileno de baixa densidade e embalagens perfuradas (linha superior tracejada). A área escurecida representa atmosferas observadas em pacotes de alface para salada em atmosfera modificada	28

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1.1: Nutrientes presentes nos produtos hortícolas: o seu efeito positivo na saúde e as suas fontes	2
Quadro 1.2: Percentagem em fibra por 100g de parte edível produtos hortícolas	4
Quadro 1.3: Teor em ferro, cálcio e fósforo por 100g de parte edível produtos hortícolas	6
Quadro 1.4: Teor em vitaminas, por 100g de parte edível de produtos hortícolas e respectivas DDR	7
Quadro 1.5: Vitaminas e as suas doses diárias recomendadas (DDR)	7
Quadro 2.1: Índices de maturação de alguns produtos hortícolas	10
Quadro 2.2: Influência da temperatura no período pós-colheita nos hortícolas	14
Quadro 3.1: Condições de refrigeração de alguns vegetais	22
Quadro 3.2: Tempo de armazenamento de alguns produtos hortícolas (-18°C)	23
Quadro 3.3: Tempo de branqueamento de alguns produtos hortícolas	24
Quadro 3.4: Duração de branqueamento e desidratação de alguns vegetais	27
Quadro 3.5: Lista das autorizações dos Estados-Membros de alimentos e ingredientes alimentares que podem ser tratados por radiação ionizante	32
Quadro 4.1: Alterações nutricionais e outras alterações para alguns produtos hortícolas em conservas	39
Quadro 4.2: Vantagens e desvantagens das conservas de vegetais	41
Quadro 4.3: Vantagens e desvantagens de vegetais conservados por processos fermentativos	42
Quadro 4.4: Vantagens e desvantagens de alguns métodos de secagem de vegetais	44
Quadro 4.5: Vantagens e desvantagens da utilização da secagem em vegetais	44
Quadro 4.6: Efeitos da Radiação Ionizante nos antioxidantes dos vegetais	45
Quadro 4.7: Vantagens e desvantagens da utilização radiação ionizante em vegetais	46
Quadro 4.8: Alterações na capacidade antioxidante em alguns produtos hortícolas através do método de alta pressão (HPP)	47
Quadro 4.9: Vantagens e desvantagens da utilização de HPP em vegetais	47
Quadro 4.10: Vantagens e desvantagens da utilização biofilmes para conservação de vegetais	49
Quadro 4.11: Vantagens e desvantagens da conservação em atmosfera modificada	52
Quadro 4.12: Perdas de vitamina C durante o branqueamento de vegetais	53

Quadro 4.13: Perdas nutricionais e outras alterações para alguns produtos hortícolas no processo de congelação	54
Quadro 4.14: Perdas em percentagens de alguns nutrientes a -20 e -30°C em vegetais recentemente congelados e após 12 meses de congelação	55
Quadro 4.15: Alterações organolépticas e de textura em alguns produtos hortícolas congelados	56
Quadro 4.16: Vantagens e desvantagens da conservação por congelação	57
Quadro 4.17: Perdas nutricionais e outras alterações para alguns produtos hortícolas no processo de refrigeração	58
Quadro 4.18: Ganhos e perdas em percentagens de alguns nutrientes após 10 dias a 4°C em vegetais refrigerados	59
Quadro 4.19: Alterações organolépticas e de textura em alguns produtos hortícolas refrigerados	59
Quadro 4.20: Vantagens e desvantagens da conservação por refrigeração	60

Objectivo do Estudo

O tema a desenvolver nesta monografia tem como principal objectivo efectuar uma revisão bibliográfica acerca das alterações nutricionais, organolépticas e de textura dos produtos hortícolas conservados, comparativamente a hortícolas frescos.

A presença de produtos hortícolas em quantidades adequadas na alimentação humana tem sido associada à prevenção e/ou redução do risco de alguns tipos de doença, representando uma fonte de vitaminas e sais minerais, e ainda de fibra alimentar e baixo valor energético, tal como será referenciado no Capítulo 1. Após a colheita, os produtos hortícolas não conservados são susceptíveis de engelhamento devido à perda de água ou ao desenvolvimento microbiano e a reacções químicas e enzimáticas intervenientes na degradação, com consequências em termos da segurança e da qualidade do alimento, sendo discutidos, no Capítulo 2, os processos fisiológicos que mais contribuem para esta evolução após a colheita.

Os processos de conservação, abordados no Capítulo 3, embora permitam a redução de perdas, quantitativas e qualitativas, agregando valor, com aumento da extensão do período de vida útil dos alimentos, apresentam também desvantagens. Nomeadamente, os processos de conservação dos produtos hortícolas podem ter efeitos a nível da perda nutricional, como por exemplo, de vitaminas, e podem resultar também em modificações no sabor, cor e textura dos produtos. Particularmente, as propriedades organolépticas e de textura, influenciam a aceitação global do alimento pelo consumidor. A estabilidade da qualidade nutricional e das características organolépticas e de textura devido ao processo de conservação e durante o armazenamento é essencial para a atractividade e aceitabilidade do produto.

Considerando-se a relevância do tema, este trabalho tem por objectivo fazer uma revisão da literatura nos aspectos relacionados com as alterações nutricionais, organolépticas e de textura, associadas à conservação de produtos hortícolas, o que será apresentado no Capítulo 4. Esta revisão bibliográfica vai permitir-nos compreender quais os métodos de conservação que afectam de forma mais e menos significativa o valor nutricional dos produtos hortícolas assim como quais os métodos que afectam de forma mais e menos significativa as suas propriedades organolépticas e de textura. Pretende-se também com esta revisão identificar vantagens e desvantagens associadas à conservação de cada tipo de hortícola, assinalando os métodos que permitem a maximização da manutenção das suas qualidades nutricionais e organolépticas, ou até o seu incremento, garantindo ao mesmo tempo a segurança alimentar.

Esta revisão bibliográfica poderá facultar informação ao nutricionista/consumidor para que este possa fazer escolhas acertadas e informadas acerca de cada hortícola e acerca do método de conservação que permite a manutenção das características mais desejadas, por comparação com o produto hortícola fresco.

Com esta revisão, o estudo pretende também sistematizar a informação que se encontra dispersa pela literatura, discutindo e apresentando os desafios associados à manutenção de uma elevada qualidade dos produtos hortícolas com vista à expansão de uma indústria agro-alimentar competitiva, o que será abordado no capítulo conclusivo final (Capítulo 5). A escolha do método mais indicado de

conservação, no sentido de manter a qualidade e o frescor associados ao produto hortícola, são elementos essenciais para a comercialização e o aumento das vendas, melhorando a relação custo-benefício e a satisfação do cliente. O aumento do tempo de vida útil permite também atingir novos mercados e consolidar os que já existem.

1. A importância dos produtos hortícolas na alimentação humana

A presença de produtos hortícolas em quantidades adequadas na alimentação humana tem sido associada à prevenção e/ou redução do risco de alguns tipos de doença. Os produtos hortícolas são alimentos indispensáveis na alimentação. Eles possuem um baixo valor energético. Fornecem geralmente entre 10 e 50kcal por 100g (Lintas, 1992). Os vegetais são geralmente ricos em hidratos de carbono (amido e fibra dietética), mas pobres em proteínas e gorduras. A sua principal vantagem nutricional é o fornecimento de uma elevada concentração de micronutrientes, baixo valor calórico e de gorduras (Lintas, 1992).

Os produtos hortícolas são uma fonte de vitaminas, como vitamina C, A, K, complexo B, nomeadamente B1 (tiamina), B3 (niacina), B6 (piridoxina), B9 (ácido fólico), e sais minerais, como ferro, cálcio, fósforo, potássio, e ainda fibra alimentar. Estes nutrientes possuem efeitos positivos na saúde, sendo essenciais para o perfeito funcionamento do organismo (Quadro 1.1) e são ainda promotores da assimilação de outros nutrientes, quando consumidos de forma adequada (Quebedeaux e Eisa, 1990; Wargovich, 2000). São imprescindíveis na nutrição humana, pois são ricos em substâncias biologicamente activas, sendo alguns deles considerados como alimentos funcionais (Padilha e Pinheiro, 2004; Khoo *et al.*, 2011) uma vez que podem ser responsáveis pela promoção de efeitos fisiológicos benéficos, podendo prevenir ou retardar doenças (Bidlack e Wang, 1999). O conceito de alimentos funcionais é amplo, e defende a suposição de que a dieta pode controlar e modular as variadas funções orgânicas, contribuindo para a manutenção da saúde e redução do risco do aparecimento de doenças (Bidlack e Wang, 1999; Das *et al.*, 2010).

Quadro 1.1: Nutrientes presentes nos produtos hortícolas: o seu efeito positivo na saúde e as suas fontes (Khetarpal e Kochar, 2009)

Nutriente	Produto hortícola	Efeito
Vitamina C	Brócolos, couve, vegetais de folha verde, batata	Cancro, enfarte, doenças cardiovasculares, cataratas
Carotenóides	Couve, espinafres, nabo, cenoura, abóbora, batata-doce	Cancro, enfarte, doenças cardiovasculares, cataratas
Fibra	Na maioria dos hortícolas	Diabetes, doenças cardiovasculares
Ácido fólico	Vegetais de folha verde escura	Defeitos congénitos, doenças cardiovasculares, cancro
Potássio	Batata, abóbora, hortícolas cozidos	Hipertensão, enfarte, arteriosclerose
Magnésio	Espinafres, batata	Sistema nervoso, sistema imunitário, prevenção de osteoporose
Cálcio	Vegetais cozidos, abóbora, couve-flor	Pressão sanguínea, prevenção de osteoporose, dentes, ossos
Vitamina K	Repolho, brócolos, folhas verdes, cebola	Síntese de factores pro-coagulantes

A literatura referencia alguns critérios estabelecidos para atribuição da classificação de alimento funcional, tais como (Borges, 2000): exercer acção metabólica ou fisiológica que contribua para a saúde física e para a diminuição de morbididades crónicas; integrar a alimentação usual; os efeitos positivos devem ser obtidos em quantidades não tóxicas, perdurando mesmo após suspensão da sua ingestão; e, por fim, ressaltar que os alimentos funcionais não se destinam ao tratamento ou cura das doenças.

A presença de hortícolas em quantidades adequadas na alimentação humana tem sido associada à redução do risco de alguns tipos de cancro, diabetes, obesidade, doenças cardiovasculares, acidente vascular cerebral, doença de Alzheimer, cataratas e alguns declínios funcionais associados ao envelhecimento (Liu, 2003; Prior e Cao, 2000; PBH, 1999; Nikolic *et al.*, 2008; Quebedeaux e Eisa, 1990; Southon, 2000; Tomas-Barberán e Robins, 1997; Wargovich, 2000).

1.1. Fibra

Uma ingestão adequada de fibras possui efeitos protectores para a saúde (Anderson *et al.*, 2009). Pessoas que consomem quantidades ideais, em comparação com aquelas que têm um consumo mínimo, apresentam um menor risco para desenvolver hipertensão (Whelton *et al.*, 2005), acidente vascular cerebral (Liu *et al.*, 1999), diabetes (Montonen *et al.*, 2003), obesidade (Lattimer e Haub, 2010; Swinburn *et al.*, 2004), e certos distúrbios gastrointestinais (Petruzzello *et al.*, 2006). O aumento da ingestão de alimentos ricos em fibra reduz a pressão arterial (Lairon *et al.*, 2005; Liu *et al.*, 1999; Steffen *et al.*, 2003; Whelton *et al.*, 2005), melhora o controlo da glicemia sanguínea em diabéticos (Montonen *et al.*, 2003), ajuda na perda de peso (Swinburn *et al.*, 2004), e melhora o funcionamento intestinal (Vuksan *et al.*, 2008). A ingestão de inulina e certas fibras solúveis melhora a resposta imunitária nos seres humanos (Anderson *et al.*, 2009). O aumento da fibra na alimentação também apresenta benefícios na redução de colesterol sanguíneo, um factor de risco para a aterosclerose e doença cardíaca (Anderson *et al.*, 2009). A ingestão inadequada de fibra tem sido associada a prisão de ventre, tanto em adultos como em crianças (Hatch, 1988).

Quadro 1.2: Percentagem em fibra por 100g de parte edível de produtos hortícolas (INSA, 2007)

Produto hortícola	Teor em fibra (%)
Tomate	1.3
Couve-flor	1.9
Pimento	2
Nabo	2
Couve lombarda	2.1
Cenoura	2.6
Brócolos	2.6
Espinafres	2.6
Couvegalega	3.1
Couve de bruxelas	3.8

Pashankar e Loening-Baucke (2005), relataram que crianças com obstipação crónica estavam duas vezes mais propensas a serem obesas comparativamente a crianças sem este problema (22,4% e 11,7% respectivamente).

Infelizmente, a maioria das pessoas consomem menos de metade dos níveis recomendados. Estes valores são entre 27 e 40g por dia (CNAN, 1997). No quadro 1.2 podemos verificar a percentagem de fibra fornecidos por 100g produtos hortícolas (INSA, 2007).

1.2. Minerais

Os minerais são substâncias inorgânicas, geralmente necessários em pequenas quantidades, desde menos de 1mg até 2500mg por dia, dependendo do mineral. A sua presença é necessária para a manutenção de certos processos físico-químicos que são essenciais ao funcionamento do organismo. Os minerais embora não produzam energia, têm papéis importantes a desempenhar em muitas actividades no organismo (Malhotra, 1998).

Os seres humanos necessitam de cálcio para a construção e manutenção dos ossos e função normal dos nervos e músculos. O fósforo é um constituinte importante da adenosina trifosfato (ATP) e dos ácidos nucleicos. Também é fundamental para equilíbrio ácido-base e formação de ossos e dentes (EFSA, 2005; Nunes, 2012). Os glóbulos vermelhos não podem funcionar adequadamente sem ferro. Este é essencial na constituição da hemoglobina, o pigmento que transporta o oxigénio no sangue (Nunes, 2012). O ferro é também um componente importante dos citocromos que funcionam na respiração celular (Mahan e Escott-Stump, 2008). Cobre, magnésio, selénio, zinco, ferro, manganês e molibdénio são importantes co-factores encontrados na estrutura de determinadas enzimas e são indispensáveis em diversas vias bioquímicas. Sódio, potássio e cloro são importantes na manutenção do equilíbrio osmótico entre as células e o fluido intersticial. A ingestão excessiva de alguns minerais pode perturbar o equilíbrio homeostático e causar efeitos colaterais tóxicos. É o caso a ingestão de sódio em excesso, que está associado à pressão arterial elevada. No caso de excesso de ferro pode causar problemas a nível hepático (Soetan *et al.*, 2010).

A deficiência em ferro, considerada a que representa maior significado e importância em termos nutricionais, causa diferentes graus de distúrbios em desempenhos cognitivos, diminuição da capacidade de trabalho, diminuição da imunidade às infecções, complicações da gravidez (bebés com baixo peso à nascença), e reduzida capacidade de aprendizagem e psicomotora (Batra e Seth, 2002). Relatórios médicos mostram que a anemia é mais prevalente em mulheres grávidas e crianças (Al-Sayes *et al.*, 2011; Chakravarty e Ghosh, 2000).

A DDR (dose diária recomendada) de cálcio é cerca de 1000-1200mg por dia, variando consoante o sexo e idade. No que diz respeito à DDR de ferro, é muito variável consoante o sexo e a faixa etária, sendo cerca de 8mg por dia para homem, enquanto que para mulher é cerca de 18mg por dia. Já para o fósforo, a DDR é cerca de 700mg por dia (Mahan e Escott-Stump, 2008). O quadro 1.3 reflecte o teor destes minerais em alguns produtos hortícolas (INSA, 2007).

Quadro 1.3: Teor em ferro, cálcio e fósforo por 100g (base húmida) de parte edível de produtos hortícolas (INSA, 2007)

Produto hortícola	Teor em ferro (mg/100g)	Teor em cálcio (mg/100g)	Teor em fósforo (mg/100g)
Tomate	0.7	11	17
Couve-flor	0.5	21	34
Pimento	0.6	9	24
Nabo	0.2	12	7
Couve lombarda	0.5	51	64
Cenoura	0.7	41	33
Brócolos	1.3	67	50
Espinafres	2.4	104	45
Couvegalega	1	286	40
Couve de bruxelas	0.7	26	77

1.3. Vitaminas

Relativamente às vitaminas, são substâncias essenciais ao metabolismo normal do ser humano. Contribuem para o crescimento, funcionamento do organismo e manutenção da saúde, sendo necessárias em quantidades diminutas (Quadro 1.4).

A vitamina C é fundamental para a formação e manutenção de alguns tecidos, tem uma acção antioxidante e promove a absorção de ferro. A vitamina K está envolvida no processo de coagulação do sangue e metabolismo do cálcio. A vitamina B1, bem como a B3 intervém na obtenção de energia a partir dos macronutrientes. A B1 ainda participa na produção e crescimento das células do sangue. A B3 contribui também para o normal funcionamento do sistema nervoso e produção hormonal. A vitamina B6 intervém na formação de aminoácidos e é também essencial na formação de hemoglobina. A vitamina B9 ou ácido fólico, intervém na produção de ácidos nucleicos, no crescimento e reprodução. Previne ainda malformações no tubo neural dos fetos. No que diz respeito à vitamina A, é essencial para o crescimento e funcionamento do sistema imunitário, bem como formação de ossos e dentes e protecção da visão e pele. Já a vitamina D é fundamental para a formação de ossos e dentes e manutenção dos níveis sanguíneos de cálcio e fósforo (Mahan e Escott-Stump, 2008; Nunes, 2012).

A deficiência em vitaminas, denominada avitaminose, leva ao mau funcionamento do organismo e ao aparecimento de doenças específicas como beribéri (deficiência em vitamina B1), escorbuto (deficiência em vitamina C), raquitismo (deficiência em vitamina D) e xeroftalmia (deficiência em vitamina A). Por outro lado, o excesso também traz problemas, sendo chamado de hipervitaminose. As vitaminas não são sintetizadas pelo homem em quantidade suficiente para o desempenho normal das suas funções, sendo necessária a ingestão através dos alimentos (Correia *et al*, 2008).

O teor de vitaminas dos alimentos é bastante variado (Quadro 1.4), dependendo, no caso de vegetais, da espécie, do estágio de maturação na época da colheita, da variabilidade genética, do manuseio pós-colheita, das condições de armazenamento, do processamento e do tipo de preparação (Correia *et al*, 2008).

Quadro 1.4: Teor em vitaminas, por 100g de parte edível (base húmida) de produtos hortícolas e respectivas DDR (INSA, 2007)

Produto hortícola	A (equivalentes de retinol)(μ g)	Caroteno (μ g)	C (mg)	B1 (mg)	B3 (mg)	B6 (mg)	B9 (μ g)
Tomate	85	510	20	0.05	0.6	0.14	17
Couve-flor	5	30	73	0.17	0.6	0.28	66
Pimento	217	1300	90	0.02	0.6	0.31	28
Nabo	3	20	18	0.05	0.9	0.08	14
Couve lombarda	166	995	67	0.15	0.7	0.15	150
Cenoura	933	5600	3	0.05	0.9	0.07	28
Brócolos	178	1600	41	0.1	1	0.14	90
Espinafres	550	3300	35	0.07	0.4	0.17	150
Couvegalega	414	2485	148	0.21	1.5	0.15	78
Couve de bruxelas	36	215	115	0.15	0.2	0.37	135

Quadro 1.5: Vitaminas e as suas doses diárias recomendadas (DDR)¹ (Mahan e Escott-Stump, 2008)

Vitamina	A (equivalentes de retinol)(μ g)	C (mg)	B1 (mg)	B3 (mg)	B6 (mg)	B9 (μ g)
DDR	700 - 900	15 - 120	0.2 - 1.4	2 - 18	0.1 - 2	65 - 600

1: A DDR de cada vitamina varia de acordo com a idade e género do indivíduo

1.4. Outros Compostos

Os hortícolas contêm uma grande variedade de compostos antioxidantes tais como compostos fenólicos e carotenóides (fitoquímicos) que podem ajudar a proteger os sistemas celulares de danos oxidativos e diminuir o risco de aparecimento de doenças crónicas (Liu, 2003; Prakash *et al.*, 2011).

Um grande número de fitoquímicos com poder antioxidante, actividade antimutagénica, antifúngica e antiviral foram identificados nos brócolos, couve-flor, couve-de-bruxelas, nabos, couve, espargos, espinafres, alfaces e endívias (Prior e Cao 2000; Goldberg, 2003). Estes fitoquímicos foram associados a inúmeros efeitos positivos na saúde humana, incluindo doenças cardiovasculares, diabetes, pressão arterial elevada, cataratas, doenças degenerativas, e obesidade (Liu *et al.*, 2000; Djouss'e *et al.*, 2004).

Os fitoquímicos são substâncias encontradas em frutas e verduras que podem ser ingeridas diariamente em determinadas quantidades e mostram potencial para modificar o metabolismo humano de maneira favorável à prevenção do cancro e de outras doenças degenerativas. Entre os mais importantes estão os terpenóides, que incluem carotenóides, limonóides, fitoesteróis e saponinas; os compostos azotados (glucosinolatos) e os fenólicos, incluindo os ácidos fenólicos, polifenóis e flavanóides (Prakash e Gupta, 2009; Prakash *et al.*, 2011).

A ingestão média de fitoquímicos é de aproximadamente 1 g a 1,5 g/dia numa dieta que inclua frutas, verduras, chá e vinho tinto (Prakash e Gupta, 2009).

Evidências epidemiológicas têm associado o consumo frequente de vegetais crucíferos, com a redução do risco de cancro. Numa recente revisão de 87 estudos caso-controle, Verhoeven *et al.* (1996, 1997) demonstraram uma associação inversa entre o consumo de hortaliças brássicas e o risco de cancro do estômago, e o consumo de repolho, brócolos e couve-flor e o cancro do pulmão. A ingestão de repolho, brócolos, couve-flor e couve-de-bruxelas demonstram uma associação inversa com o risco de cancro de 70, 56, 67 e 29 por cento, respectivamente. Os mesmos autores atribuíram as propriedades anticancerígenas de crucíferas ao seu teor relativamente elevado de glucosinolatos (Verhoeven *et al.*, 1996, 1997).

Os glucosinolatos são um grupo de glicosídeos armazenados nos vacúolos celulares de todos os vegetais crucíferos. A mirosinase, uma enzima encontrada em células vegetais, catalisa a hidrólise destes compostos para uma variedade de produtos, incluindo isotiocianatos e indóis. O indol-3-carbinol (I3C) está actualmente sob investigação pelas suas propriedades quimiopreventivas do cancro, particularmente da mama. Nos seres humanos, a administração diária de 500mg de I3C (equivalente a 350-500 g de couve/dia) durante 1 semana aumentou significativamente a extensão da 2-hidroxilação do estradiol em mulheres (Michnovicz e Bradlow, 1991), sugerindo que este composto pode ser uma nova abordagem para reduzir o risco de cancro da mama.

Embora haja uma larga variedade na natureza, os isotiocianatos sintéticos têm sido utilizados na prevenção do cancro em animais (Hecht, 1995). O sulforafano, um isotiocianato isolado de brócolos, tem merecido por parte de investigadores uma atenção especial. Fahey *et al.* (1997), demonstraram que os rebentos de brócolos continham 10 a 100 vezes mais sulforafano do que os brócolos maduros. No entanto, tendo em conta a importância de um padrão global da dieta na redução do risco de cancro, as implicações clínicas de um único fitoquímico em isolamento foi questionada (Nestlé, 1998). Por outras palavras, apesar da importância que os fitoquímicos têm na prevenção do cancro, um apenas isoladamente não é suficiente para a sua prevenção, sendo necessário um consumo "assíduo" de alimentos ricos em variados fitoquímicos para que possa ter uma acção preventiva do cancro.

Outros agentes antioxidantes de referência são os terpenos. Estes encontram-se nos alimentos verdes, na soja e nos grãos. Interagem com os radicais livres, dividindo a sua extensa cadeia carbónica presente nas membranas lipídicas. Os carotenóides são terpenos que conferem pigmentações (amarelo, laranja e vermelho) presentes nas frutas e verduras. Foram identificados cerca de 1600 compostos químicos divididos em duas classes de moléculas: os carotenos (o beta-caroteno encontrado na cenoura; o licopeno encontrado no tomate e na melancia; a luteína encontrada nos vegetais verdes) e as xantófilas (zeaxantina, criptoxantina e astaxantina). A primeira classe auxilia na protecção contra o cancro de bexiga, útero, próstata, pulmão e colo retal. A segunda classe oferece protecção contra outros compostos. Alguns terpenos encontrados nas frutas cítricas, os limonóides, têm acção quimioterápica (Anjo, 2004). Nessa mesma classe de substâncias, encontramos os fitoesteróis (fitosterina, saponinas e beta-sitosterol) que, por se assemelharem com o

colesterol, competem com a sua absorção no intestino, reduzindo os níveis séricos ou plasmáticos de colesterol total e de colesterol de baixa densidade (LDL) (Prakash e Gupta, 2009).

Apesar da capacidade antioxidante variar amplamente entre os hortícolas é preferível variar na alimentação em vez de limitar o consumo a apenas os produtos de maior capacidade antioxidante (Prior e Cao, 2000).

É referido também que o consumo de vegetais ricos em carotenóides tem um poder antioxidante mais eficaz do que o uso de suplementos de carotenóides (Southon, 2000).

Uma análise efectuada pelo Fundo Mundial de Pesquisa do Cancro e do Instituto Americano para pesquisa de cancro concluído em 1997 refere que *"dietas que contenham quantidades substanciais de variadas frutas e vegetais poderiam prevenir 20 por cento todos casos de cancro."* A evidência mais forte relaciona-se com o cancro do estômago e do pulmão. Outras áreas do corpo que mostram resultados convincentes são a boca, faringe, esófago, cólon e recto (Iowa States University, 2000).

A ingestão insuficiente de frutas e legumes é apontada como a causa de 14 por cento das mortes por cancro gastrointestinal, cerca de 11 por cento das mortes por doenças cardiovasculares e cerca de 9 por cento das mortes por acidente vascular cerebral em todo o mundo (Iowa States University, 2000).

Para tentar diminuir os números acima relatados, a OMS/FAO recomenda um mínimo de 400g de frutas e vegetais por dia (excluindo batatas e outros tubérculos amiláceos). Este valor parece ser o suficiente para a prevenção de doenças crónicas, como doenças cardiovasculares, cancro, diabetes e obesidade, bem como para a prevenção e alívio de várias deficiências de micronutrientes (OMS, 2003).

Uma investigação dos Estados Unidos, Reino Unido, e Holanda sugere que as frutas e legumes têm um papel protector relativamente às doenças cardiovasculares. Foi estimada uma redução do risco entre 20 e 40 por cento nos indivíduos que consumiam quantidades substanciais de frutas e legumes. Neste estudo foi também concluído que os suplementos alimentares não possuem o mesmo efeito positivo como a ingestão de legumes (Iowa States University, 2000). O mesmo estudo da Iowa States University (2000) refere que uma elevada ingestão de frutas e legumes podem reduzir o risco de acidente vascular cerebral até 25%.

Noutra perspectiva, os hortícolas podem constituir um perigo para a Saúde Pública uma vez que podem ser veículo de transmissão de microrganismos patogénicos e contaminantes químicos, como os pesticidas. A fim de desenvolver práticas e métodos de produção adequados, os perigos e os riscos que eles podem impor à saúde dos consumidores têm que ser totalmente compreendidos (United Nations, 2007). A ocorrência de microrganismos patogénicos pode ter origem no solo, que estava em contacto com os alimentos, e/ou pode resultar também da manipulação destes alimentos. Muitos produtos deste grupo são frequentemente consumidos crus, pelo que a segurança alimentar tem de ser assegurada através de medidas preventivas, durante a produção e subsequente manuseamento pós-colheita (Almeida, 2005).

2. Manuseamento dos produtos hortícolas pós-colheita

Os produtos hortícolas são tecidos vivos que continuam a respirar e em contínua alteração após a colheita. Algumas das alterações são desejáveis para o consumidor, outras são indesejáveis pois diminuem a qualidade do alimento ou implicam mesmo a sua perda (Burden e Aills, 1989).

Estas alterações não podem ser evitadas, no entanto, recorrendo à aplicação de tecnologias pós-colheita pode-se retardar largamente essas modificações (Kader, 1992).

2.1. Colheita

O manuseamento pós-colheita inicia-se com a colheita, sendo que ambos os processos determinam a qualidade dos produtos hortícolas armazenados, distribuídos e consumidos. O estado de maturação no momento da colheita é muito importante para a qualidade pós-colheita dos hortícolas e deve ser avaliada de acordo com critérios, designados índices de maturação, estipulados para cada produto hortícola (Almeida, 2005) (Quadro 2.1). Os índices de maturação são usados para determinar a maturidade, prever a data de colheita e avaliar a qualidade da mesma.

Quadro 2.1: Índices de maturação de alguns produtos hortícolas (Cantwell, 2012; Pék e Lugasi, 2006; Wills *et al.*, 1998)

Produto hortícola	Critério
Espargos	Ápice fechado; tamanho
Alface e couve lombarda	Firmeza; tamanho
Brócolos e couve-flor	Flores fechadas; tamanho
Cenoura	Tamanho
Cebola	Tamanho; secagem e colapso do “pescoço”
Batata	Tamanho dos tubérculos; teor de amido; gravidade específica; desenvolvimento da periderme
Pepino	Cor exterior; tamanho
Feijão-verde	Desenvolvimento da semente; tamanho
Tomate	Cor externa e interna; desenvolvimento de lóculos (geleia); firmeza; tamanho; desenvolvimento da cutícula; aumento de 12% de sólidos solúveis totais em tomates maduros
Pimento	Firmeza; cor; tamanho; sementes e desenvolvimento de lóculos

Com base numa série de propriedades físicas e químicas da colheita ideal, os índices devem ser adequados para o tratamento de grandes volumes de produto (simples de usar) e devem ser não destrutivos (Wills *et al.*, 1998).

Além disso, para obtenção de melhores resultados, na colheita deve ter-se ainda mais alguns cuidados, como colher sob condições ambientais frescas e/ou efectuar um pré-arrefecimento; manusear o produto com cuidado; remover o produto afectado de doenças ou com danos mecânicos; colher em último lugar os produtos danificados pelo frio, de modo a serem separados e comercializados em primeiro lugar (Chitarra e Chitarra, 1990).

A colheita e posterior manuseamento desempenham um papel importante para uma conservação adequada. Se a colheita for efectuada prematuramente, vão ocorrer alguns problemas, como a perda de peso; desenvolvimento deficiente do produto com qualidade; no final da conservação, maturação defeituosa e incompleta. Se a colheita for realizada tardiamente, há maior susceptibilidade para uma menor capacidade de conservação, como por exemplo o aparecimento de alterações fisiológicas e aparecimento de cortes e podridão (Morais e Pinto, 2000) (Figura 2.1).



Figura 2.3: Cortes que surgem em tomates muito maduros. (Imagem disponível em:<http://www.coldclimategardening.com/2008/08/06/first-ripe-large-tomato/>)

2.2. Processos fisiológicos nos produtos hortícolas pós-colheita

Ao contrário dos produtos de origem animal, a actividade metabólica dos vegetais frescos continua por um curto período após a colheita. Por este motivo e devido ao elevado teor de água na sua composição, estes alimentos são altamente perecíveis. Para tentar minimizar esse processo, é fundamental conhecer os factores biológicos e ambientais que provocam a deterioração pós-colheita dos vegetais (Embrapa, 2012).

Quando os produtos hortícolas são colhidos, estes utilizam as reservas de substrato ou de compostos orgânicos ricos em energia, como açúcares e amido, para respirar e produzir a energia necessária para a manutenção de processos reaccionais. Os processos metabólicos que ocorrem nos vegetais após a colheita são a respiração, a transpiração e a produção de etileno, sendo a respiração o mais importante (Morais e Pinto, 2000).

A respiração é o processo biológico pelo qual os materiais orgânicos, principalmente hidratos de carbono, são degradados em produtos mais simples com libertação de calor. Nesta reacção é consumido oxigénio e produzido dióxido de carbono e água. Os produtos frescos não podem repor os hidratos de carbono ou a água depois da colheita. A respiração utiliza os hidratos de carbono, até estes se esgotarem, seguindo-se o envelhecimento (conhecido por senescência), e a morte dos

tecidos (Figura 2.2). A perda dos materiais orgânicos leva a uma diminuição do valor nutritivo, perda do sabor característico, perda de peso e o início da senescência (Chitarra e Chitarra, 1990).

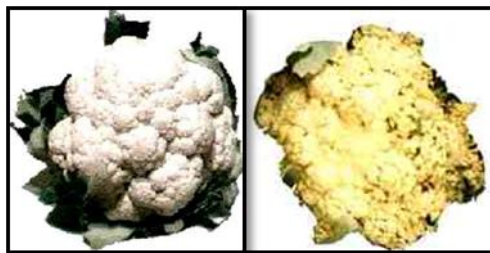


Figura2.4: Couve-flor colhida fresca e couve-flor envelhecida, respectivamente (Imagens disponíveis em: <http://www.portalsaofrancisco.com.br/alfa/couve-flor/couve-flor-4.php>)

A respiração dos produtos hortícolas é medida pela taxa de respiração e está relacionada com a degradação destes alimentos. As taxas respiratórias mais elevadas, verificadas em espargos, brócolos, cogumelos e espinafres, correspondem também a taxas de degradação mais rápidas (Almeida, 2005). A respiração pode ser afectada por factores próprios da planta (internos) ou do ambiente (externos) (Almeida, 2005).

Factores internos:

A taxa de respiração difere com a espécie, e, além disso, existem diferenças na taxa respiratória entre cultivares da mesma espécie (Almeida, 2005). Tal como a Figura 2.3 apresenta, quanto maior a taxa de respiração menor a longevidade pós- colheita (Almeida, 2005).

O metabolismo dos hortícolas está relacionado com o seu papel biológico. Órgãos de reserva (batata, cebola), possuem taxas respiratórias baixas. Folhas e inflorescências apresentam taxas respiratórias superiores (Almeida, 2005).

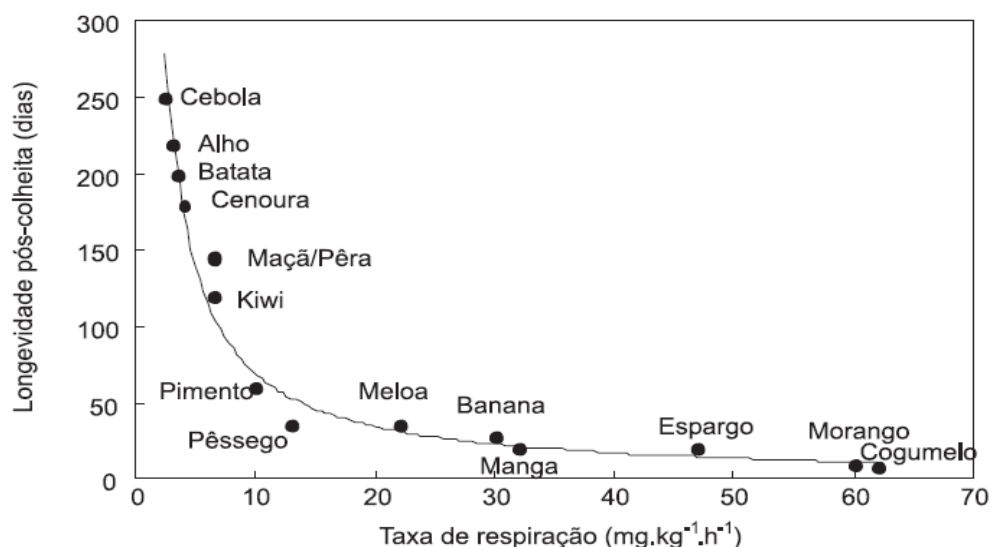


Figura 2.3: Relação entre a taxa respiratória e a longevidade pós-colheita de produtos hortícolas (Almeida, 2005)

De uma forma geral, a taxa respiratória dos hortícolas diminui durante o desenvolvimento e maturação. Vegetais que são colhidos no estado imaturo, enquanto estão em crescimento activo (espargos, brócolos) possuem taxas respiratórias muito elevadas. Órgãos maduros (batata) possuem taxas de respiração mais baixas (Almeida, 2005).

Regra geral, a taxa respiratória reflecte o nível de necessidade metabólica. Órgãos jovens possuem uma taxa respiratória superior a órgãos mais envelhecidos. A alta taxa de respiração durante os estádios iniciais de crescimento está presumivelmente relacionada com as suas necessidades energéticas para as células que estão em processos de divisão (Hopkins, 2000).

Alguns órgãos vegetais, especialmente folhas e frutos passam por um aumento transitório na respiração, o qual marca a senescência e as mudanças degenerativas que precedem a morte. Estas mudanças coincidem com o amadurecimento (Hopkins, 2000).

A perecibilidade e o envelhecimento dos hortícolas são proporcionais ao tipo e à intensidade de respiração de cada espécie. Daí surge a classificação dos produtos hortícolas em produtos climatéricos e não-climatéricos.

Alimentos climatéricos descrevem-se por, após o início da maturação, apresentarem um rápido aumento na intensidade respiratória. As reacções associadas ao amadurecimento e envelhecimento ocorrem rapidamente e com gasto de energia, responsável pela alta taxa respiratória. Para retardar a maturação e o envelhecimento e aumentar o período de conservação, os vegetais climatéricos costumam ser colhidos ainda verdes. De seguida são armazenados em ambiente controlado. Os principais alimentos climatéricos são a maçã, pêra, pêssego, ameixa, figo, abacate, manga, maracujá, banana, damasco, melão e tomate. (Barry e Giovannoni, 2007; El-Sharkawy *et al.*, 2008; Embrapa, 2012; Léchaudel e Joas, 2007; Singal *et al.*, 2012).

Alimentos não-climatéricos são aqueles que demoram mais para completar o processo de amadurecimento, verificando-se um decréscimo do gasto energético durante todo o processo de envelhecimento. Não têm capacidade de amadurecer após a colheita, ou seja o sabor doce não é intensificado, por exemplo. Alguns dos produtos podem ficar mais moles e mudar de cor, no entanto, se forem colhidos azedos ou pouco doces vão permanecer desta forma. Destacam-se como principais frutas não climatéricas os citrinos em geral, a uva, o morango, o abacaxi, a cereja, a romã e a nêspera (Embrapa, 2012; Giovannoni, 2001).

Existe também variabilidade no comportamento dos vegetais produzidos em diferentes regiões, em diferentes anos e em sistemas de cultura distintos (Almeida, 2005).

Factores externos:

A temperatura possui um efeito determinante na taxa de respiração, podendo ser considerada o principal factor externo na conservação dos vegetais. A velocidade das reacções biológicas aumenta duas a três vezes por cada aumento de 10°C na temperatura, dentro do intervalo de temperaturas relevantes do ponto de vista fisiológico (Quadro 2.2) (Embrapa, 2012).

Quadro 2.2: Influência da temperatura no período pós-colheita nos hortícolas (Embrapa, 2012)

Temperatura	Influência Positiva	Influência Negativa
Altas	-	A cada aumento de 10°C na temperatura, ocorre um aumento de 2 a 3 vezes na velocidade de deterioração dos produtos
Baixas	Redução da respiração levando a um maior tempo de conservação	Quando a temperatura se encontra abaixo do nível tolerado por cada hortícola, pode ocorrer: <ul style="list-style-type: none">- Perda do sabor e aroma- Escurecimento da casca ou polpa- Perda da capacidade de maturação

A transpiração traduz-se na evaporação da água dos tecidos, mas, ao contrário das plantas em crescimento, os hortícolas não podem repor a água perdida após colheita.

Esta perda de água do produto fresco após a colheita é um problema pois leva, por um lado, à perda de peso e, por outro, a perdas na aparência (emurchecimento) e textura (amolecimento, perda de sumo) que podem levar à rejeição do produto por parte do consumidor. Pode ser influenciada por características do produto, como por exemplo, características morfológicas, relação superfície/volume, danos na epiderme e estado de maturação, sendo também influenciada por factores externos, tais como, temperatura, humidade relativa e circulação do ar (Chitarra e Chitarra, 1990).

O etileno é uma hormona vegetal, proveniente do produto do metabolismo das plantas e fisiologicamente activa em concentrações muito baixas (inferiores a 0,1 ppm). É produzido por todos os tecidos vegetais e por diversos microrganismos. Tem como principais funções regular o crescimento, desenvolvimento e senescência dos vegetais (Almeida, 2005; El-Sharkawy *et al.*, 2008; Morais e Pinto, 2000).

As funções do etileno dependem da espécie, do tipo de órgão e tecido e do estágio de desenvolvimento (Almeida, 2005).

No contexto da pós-colheita dos hortícolas, os efeitos do etileno podem ser benéficos ou indesejáveis. No comércio de hortofrutícolas, o etileno é utilizado de forma a acelerar e uniformizar o amadurecimento de frutos climatéricos e uniformizar a cor em citrinos (designado por desverdeamento). É ainda utilizado para facilitar a colheita mecânica (Almeida, 2005; Saltveit, 1999; Yin *et al.*, 2010).

A presença de etileno em zonas de manuseamento destes produtos normalmente provoca uma redução da vida pós-colheita (Almeida, 2005).

Os efeitos mais acentuados da presença do etileno estão associados à rapidez do amadurecimento e da senescência, e o aumento da velocidade da degradação da clorofila, levando à descoloração da

cor verde de vegetais folhosos, talvez devido ao aumento da actividade da clorofilase (Kevanyet al, 2007; Porte e Maia, 2001).

O etileno provoca ou agrava o desenvolvimento de acidentes fisiológicos em folhas, como por exemplo o *russetspotting*¹ na alface (Figura 2.4), a acumulação de isocumarinas de sabor amargo em cenoura e provoca abscisão foliar. No espargo, por exemplo, aumenta a dureza e a fibrosidade e na batata, estimula o abrolhamento (Almeida, 2005).



Figura 2.4: *Russet spotting* da alface (Imagem disponível em: <http://postharvest.ucdavis.edu/pfvegetable/LettuceCrispheadPhotos/?repository=29945&a=83432>)

Os hortícolas que apresentam maior sensibilidade ao etileno são: Alface, brócolos, couve-de-bruxelas, couve-flor, couves de repolho, espinafre, hortaliças de folha, pepino, tomate (Almeida, 2005).

Todos os órgãos vegetais produzem etileno. Todas as hortaliças derivadas de estruturas vegetativas e as estruturas reprodutivas não climatéricas produzem pouco etileno em condições normais (Almeida, 2005).

Nos órgãos climatéricos, o início do climatérico é marcado por alterações na expressão dos genes que regulam a biossíntese do etileno, que passa a ser regulada de forma diferente.

Geralmente, a taxa de produção de etileno, aumenta com a maturação, a incidência dos danos físicos, as doenças, outras situações de *stress* e o aumento da temperatura. Por outro lado, a taxa de produção de etileno é reduzida em ambientes com oxigénio reduzido (<8%) e/ou dióxido de carbono elevado (>2%) (Porte e Maia, 2001).

O CO₂ previne ou retarda os efeitos prejudiciais do etileno em hortícolas frescos, como é o caso a perda da firmeza e a ocorrência de alterações fisiológicas. Pensa-se que o modo de acção do CO₂ na inibição ou redução dos efeitos do etileno baseia-se no facto de que o CO₂ compete com o etileno pelo local de ligação, impedindo a ligação do etileno ao receptor (Porte e Maia, 2001), tal como verificado como 1-metilciclopropano (1-MCP) (Figura 2.5). Também foi sugerido que a inibição do

¹*Russet spotting* é um grave distúrbio fisiológico que se caracteriza pelo aparecimento de manchas de 1 a 2 mm de diâmetro, ovais, castanhas, encovadas, ao longo da nervura central das alfaces, que em estágios avançados pode espalhar-se ao longo de toda a lâmina foliar. Um armazenamento a 0°C inibe quase completamente o desenvolvimento de *russet spotting*. Baixas concentrações de O₂ também inibem o seu aparecimento, tal como altas concentrações de CO₂; alfaces mais maduras ou uma lesão física dos tecidos torna o vegetal mais susceptível a esta ocorrência (Ritenoure et al, 1995).

etileno pelo CO_2 é na conversão do ACC (ácido 1-carboxílico-1-amino ciclopropano) em etileno: depleção da ACC sintetase² devido à degradação e/ou inibição da sua síntese ou inactivação da actividade da ACC sintetase (com menor síntese de ACC, precursor do etileno), mas sem interferência com o receptor do etileno (seta “a”); redução da eficiência da conversão do ACC em etileno que pode levar à inibição da produção de etileno, quando o conteúdo em ACC é baixo (seta “b”); inibição da conversão de ACC em etileno através de uma reduzida produção de ATP devido à inibição da respiração (seta “c”) (Wild *et al*, 1999).

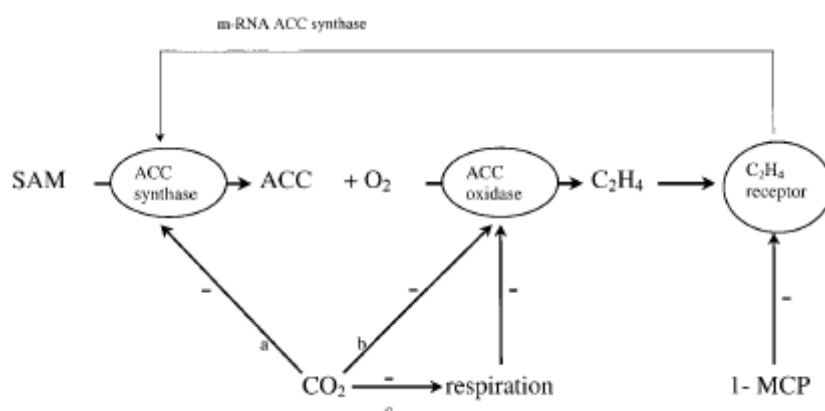


Figura 2.5: Possíveis locais de inibição do etileno pelo CO_2 (Wild *et al.*, 1999)

Como visto anteriormente, os três factores biológicos acima referidos, podem levar a uma degradação mais ou menos rápida, dependendo do vegetal. Algumas vezes, podem ser controlados por um conjunto de factores ambientais que possibilitam um atraso das alterações indesejáveis (Morais e Pinto, 2000).

2.3. Conservação

De forma a preparar os vegetais para o mercado e manter a sua qualidade entre a colheita e o consumo deve recorrer-se a um conjunto de operações e de tecnologias (Almeida, 2005).

Os factores que geralmente podem ser manipulados nos processos de conservação dos produtos hortícolas em estado fresco, são a temperatura, a humidade relativa e a composição da atmosfera circundante (Kitinoja e Kader, 1995).

Assim, para garantir a qualidade e prolongar a vida pós-colheita dos produtos vegetais, os produtos podem ser arrefecidos rapidamente para a temperatura mínima de segurança (Temperatura mínima à qual o alimento é submetido durante um período de tempo predefinido, de modo a garantir a segurança do ponto de vista microbiológico do alimento), logo após a colheita, mantendo-se a cadeia de frio durante todo o período pós-colheita (www.quali.pt; Sarria e Honório, 2005).

²ACC sintetase é um enzima chave para controlar a biossíntese de etileno em vegetais (Tucker *et al.*, 2010).

Quando os produtos são colhidos é necessário remover o calor para assegurar a máxima longevidade possível. Todos os produtos destinados a serem transportados ou armazenados a baixas temperaturas devem ser pré-arrefecidos antes de serem colocados à temperatura de armazenamento (Kader, 1992).

A refrigeração, à temperatura aconselhada para cada produto, tem um papel determinante na qualidade pois reduz a actividade metabólica, incluindo a respiração, a produção de etileno, as alterações de composição e a velocidade de senescência e de amadurecimento; reduz a actividade microbiana, incluindo o desenvolvimento de doenças nos produtos hortofrutícolas e a proliferação de patogénicos humanos; reduz a perda de água; reduz os fenómenos de crescimento que limitam a vida pós-colheita de órgãos de reserva (como o abrolhamento de batata, alho e cebola); prolonga a vida pós-colheita de frutas e hortaliças, reduzindo a taxa de depreciação da sua qualidade (Kitinoja e Kader, 1995).

No próximo capítulo serão abordadas as diferentes técnicas de conservação de produtos hortícolas.

3. Técnicas de conservação de produtos hortícolas

Muitos vegetais frescos têm uma vida útil de apenas alguns dias antes que se tornem impróprios para o consumo (Rickman *et al.*, 2007).

O principal objectivo do processamento dos vegetais é a sua conservação, devido ao facto de serem alimentos rapidamente perecíveis, no sentido de prolongar o tempo de vida útil do produto. Nessa conservação, pretende-se também minimizar as perdas de qualidade (nutricional e organoléptica).

Por outro lado, a sazonalidade dos legumes e hortícolas levanta alguns problemas, especialmente no período entre o inverno e a primavera. Para assegurar o consumo neste período é necessário criar as condições ideais para garantir a manutenção da qualidade do produto a longo prazo com uma perda de qualidade mínima (Marin e Bratucu, 2010).

A conservação permite igualmente que estes produtos possam ser armazenados e transportados para mercados distantes durante todos os meses do ano, e de forma segura. O processamento também pode alterar os alimentos, tornando-os mais convenientes para o consumidor (por exemplo, na sua preparação) (Luh e Woodroof, 1988).

Dependendo do método de conservação utilizado, podem resultar alterações na cor, textura, sabor e valor nutricional dos produtos (Rickman *et al.*, 2007).

3.1. Conservação pelo calor

As mudanças de temperatura podem retardar a multiplicação de microrganismos, aumentando o tempo de conservação e a vida útil do produto alimentar, sendo que os efeitos dessas mudanças a nível microbiano variam conforme a espécie de microrganismo, a sua resistência às alterações de temperatura e a temperatura a que é submetido o alimento no espaço de tempo, entre outros factores. Os tratamentos térmicos de conservação de alimentos são baseados na eliminação total ou parcial dos agentes microbiológicos que alteram os produtos ou na modificação ou supressão de condições térmicas que tornem o meio propício à sua sobrevivência ou multiplicação. Muitas vezes são utilizados tratamentos térmicos em sequência com o objectivo de garantir a conservação e qualidade dos alimentos. A remoção de oxigénio pode ser também utilizada em conjunto com estes métodos para prevenir o crescimento de microrganismos aeróbios ou apenas evitar a sua multiplicação (Evangelista, 2001; Luh e Woodroof, 1988).

Tanto na conservação pelo calor, como pelo frio, os métodos baseados na alteração da temperatura têm como objectivo alterar o menos possível as características do alimento, para além de retardar o crescimento de microrganismos (Evangelista, 2001).

Os legumes que serão conservados pelo calor, depois de colhidos são seleccionados e classificados de acordo com seu grau de maturação, tamanho e integridade (presença de defeitos causados por deterioração, ataque de insectos, roedores, etc.). Segue-se a pré-lavagem, que tem por finalidade a remoção de impurezas maiores, como areia, barro, terra, folhas, e de seguida procede-se ao descasque e corte dos legumes (Dauthy, 1995).

O branqueamento é um pré-tratamento que utiliza o calor e que é habitualmente utilizado antes da congelação, secagem ou enlatamento em que os vegetais são aquecidos com o propósito de inactivar enzimas, microrganismos patogénicos e microrganismos que causam alterações nos alimentos, possibilitando ainda o pré-cozimento das hortaliças, melhorando a sua textura (ficam mais macios) e preservando a cor original (Krolow, 2006). O branqueamento facilita ainda o descasque e o corte. A maioria dos vegetais são branqueados antes da congelação para inactivar as enzimas que causam o desenvolvimento de aromas e cores desagradáveis durante a congelação. O branqueamento permite também a remoção de ar e gases metabólicos das células vegetais, substituindo-os por moléculas de água, favorecendo a formação uniforme de cristais durante o congelamento. No enlatamento, a remoção de gás obtida no pré-tratamento por branqueamento facilita o enchimento da lata, reduz a tensão na lata durante o aquecimento, e reduz a possibilidade de corrosão da lata (Corcuera *et al.*, 2004).

Existem várias formas de executar o branqueamento. Este pode ser convencional, utilizando água quente ou vapor, a temperaturas próximas dos 100°C, ou menos convencional, por recurso a microondas ou gases de combustão com adição de vapor para aumentar a humidade do produto e prevenir a desidratação (Corcuera *et al.*, 2004; Zucchini, 2010). Posteriormente, os produtos são rapidamente arrefecidos por pulverização com água fria, mergulhados em água fria ou por ventilação com ar seco e frio (Corcuera *et al.*, 2004; Krolow, 2006).

O branqueamento é uma operação importante, mas nem sempre necessária, dependendo do tipo de vegetal. Alguns vegetais, como a beterraba e cenoura, devem ser pré-cozidos antes de serem descascados, para não perderem pigmentos, que são responsáveis pela fixação da cor (Krolow, 2006).

A apertização é outra forma de conservação de vegetais pelo calor. O objectivo do processo de enlatamento é destruir quaisquer microrganismos no alimento e impedir a recontaminação.

Neste processo, o líquido de cobertura de conservas vegetais é vertido a uma temperatura mínima de 85°C sobre as hortaliças previamente colocadas nas embalagens de forma a cobri-las totalmente para evitar o escurecimento das que ficam na parte superior da embalagem. Posteriormente remove-se o ar de dentro da embalagem de forma a formar vácuo, e assim diminuir a velocidade das reacções químicas. O uso de salmoura quente favorece a retirada de ar. O vácuo pode ser obtido por: processo térmico, processo mecânico ou por injeção de vapor. Um dos processos mais comuns e mais baratos é a formação do vácuo no túnel de exaustão (processo térmico). Consiste em passar as embalagens repletas de hortaliças e do líquido de cobertura quente, e destapadas, sobre uma esteira, por um túnel de vapor, à temperatura entre 85°C e 95°C, por 2 a 4 minutos. O fecho das embalagens é realizado imediatamente à saída do túnel de exaustão (Krolow, 2006).

Segue-se um tratamento térmico (a apertização) onde vai haver um aquecimento do alimento, previamente preparado em recipientes fechados, na ausência relativa de ar, até uma certa temperatura e num tempo suficiente para a destruição de microrganismos, sem alterar de modo sensível o alimento (Krolow, 2006).

As altas temperaturas a que os vegetais são submetidos visam cozer os legumes, melhorando a sua textura e eliminando ou controlando a multiplicação de microrganismos deteriorantes e /ou

patogénicos dos vegetais. O calor provoca alteração na configuração das proteínas e a sua consequente desnaturação. Desta forma, a sobrevivência de microrganismos torna-se inviável ou é dificultada uma vez que a alta temperatura pode acarretar lise celular (Franco e Landgraf, 1996).

Para o êxito do processamento por apertização devem-se considerar factores como: qualidade e quantidade de microrganismos a destruir, e a sua resistência ao calor; tipo de calor fornecido para alimentos com pH maior ou menor que 4,5 visando a eliminação de esporos de *Clostridium botulinum*; penetração de calor no recipiente que varia de acordo com o estado, condições e tipos de alimentos, tamanho, forma e capacidade de condução térmica do material da embalagem, temperatura inicial do produto; duração do aquecimento e temperatura atingida durante o processamento; sistema de aquecimento e arrefecimento que visa a melhoria da difusão de calor e diminui o tempo de aquecimento (Evangelista, 2001). A qualidade do alimento que sofre apertização bem como dos alimentos que passam por outros processos que envolvem calor depende do tempo de exposição ao calor e da temperatura envolvida.

Como resultado da apertização, podem ocorrer modificações organolépticas e nutricionais no alimento (Evangelista, 2001). Ocorrem alterações principalmente na cor, sabor, aroma e consistência do produto hortícola. As alterações de cor são produzidas por colorações provenientes de alterações de certas substâncias e por reacções de escurecimento. No que diz respeito a alterações nutricionais, há principalmente perda de vitamina C, pois é muito sensível ao calor. Em alimentos com baixa acidez, há perdas de tiamina. E as vitaminas A e E apesar de serem termoestáveis podem sofrer perdas se o aquecimento se processar na presença de oxigénio (Evangelista, 2001; Lee e Kader, 2000).

A refrigeração é feita imediatamente após o tratamento térmico, pois é necessário interromper o cozimento das hortaliças para não alterar a sua cor, sabor, odor e textura. Sem esta etapa, os vegetais continuariam a cozer, dando condições para o desenvolvimento de microrganismos resistentes ao calor, responsáveis pela fermentação do produto (Krolow, 2006).

Os vegetais mais utilizados neste processo de conservação são as cenouras, ervilhas (uma leguminosa), espargos, beterraba, feijão-verde e tomate (Krolow, 2006). Muitas vezes são comercializados (Figura 3.1) já cozidos, fazendo com que o tempo de preparação por parte do consumidor seja muito menor, constituindo-se portanto uma alternativa bastante prática e rápida.



Figura 3.1: Legumes conservados pelo calor em lata (imagem disponível em:

www.bonduelle.com.br/

3.2. Refrigeração

A manutenção do produto à temperatura óptima para preservação desde a colheita até ao seu consumo é provavelmente o factor mais importante no controlo de qualidade do produto, uma vez que as baixas temperaturas reduzem a taxa respiratória, bem como a actividade microbológica e enzimática, permitindo assim um prolongamento da vida útil do vegetal. Desta forma, a rapidez com que o produto é arrefecido está claramente relacionada com o aumento do tempo de vida desse produto (Fonseca e Morais, 2000; Rickman *et al.*, 2007). Quanto maior o intervalo de tempo entre colheita e a refrigeração, maior será a perda de qualidade do produto.

No processo de refrigeração, em geral, quanto maior a temperatura de armazenamento de produtos hortícolas, maiores são as perdas qualitativas e quantitativas. A diminuição da temperatura no produto hortícola aumenta a viscosidade do meio, contribuindo para a redução da velocidade das reacções químicas (Fontes e Lopes, 1995). Além disso, suprime a degradação enzimática (amolecimento) e actividade respiratória; retarda ou inibe a perda de água (emurchecimento); retarda ou inibe o crescimento de microrganismos; reduz a produção de etileno (um agente de maturação). Além de proteger a qualidade, a refrigeração pós-colheita aumenta a flexibilidade de marketing, tornando possível que os hortícolas permaneçam adequados para consumo durante mais tempo (Wilson *et al.*, 1999). As temperaturas óptimas de armazenamento variam muito de produto para produto, sendo muito importante a selecção da temperatura adequada para cada produto. A temperatura de refrigeração ideal é característica para cada alimento, de acordo com o seu ponto de congelamento (Quadro 3.1.). Para produtos insensíveis ao frio, manter a temperatura de armazenamento 1 ou 2°C acima da temperatura de congelação, pode aumentar o tempo de vida em 2-3 vezes mais do que armazenadas a 10°C (Fonseca e Morais, 2000). Além da temperatura, a manutenção de uma humidade elevada na atmosfera envolvente permite evitar ou diminuir a transpiração do produto hortícola, diminuindo as perdas de peso, o emurchecimento e as alterações sensoriais do produto (Fonseca e Morais, 2000).

Produtos refrigerados devem ser mantidos desta forma até ao seu consumo, pois o aumento da temperatura pode promover danos como os causados pela condensação da água.

Os métodos de arrefecimento são vários, destacando-se: o arrefecimento em câmara por circulação natural de ar, o arrefecimento por circulação de ar forçado, o arrefecimento com água, o arrefecimento com gelo em contacto directo ou indirecto com o produto e o arrefecimento por vácuo. Existem ainda combinações destes, como o arrefecimento por vácuo após humedificação do produto (Fonseca e Morais, 2000).

O primeiro método é económico no entanto é muito lento. No que diz respeito ao arrefecimento em câmara com circulação forçada de ar, é mais rápido que o anterior, é de simples tecnologia e aplicável a um grande número de produtos hortícolas, no entanto há uma maior susceptibilidade do produto à perda de água. Relativamente ao arrefecimento com água e com gelo, ambos têm as mesmas características. São mais rápidos do que os dois anteriores e não há qualquer perda de água pelo produto hortícola. Por outro lado, tem de se ter alguns cuidados com a qualidade da água, e é aplicável a produtos menos susceptíveis à água, bem como obriga à utilização de embalagens

resistentes à água (Fonseca e Morais, 2000). Quanto ao arrefecimento em vácuo, é o mais rápido, contudo, é dispendioso, e é aplicável a apenas alguns produtos (grande área superficial) (Fonseca e Morais, 2000).

Quadro 3.1.: Condições de refrigeração de alguns vegetais (Morais e Pinto, 2000)

Vegetal	Temperatura óptima (°C)	Humidade relativa (%)	Tempo de armazenamento (semanas)
Abóbora	10 - 13	70 - 90	8 - 24
Agrião	0 - 2	90 - 95	3 - 4 dias
Aipo	0	90 - 95	12 - 16
Alface	0	90 - 100	2 - 3
Alho	0	65 - 75	24 - 28
Alho francês	0	90 - 100	4 - 12
Batata	7 - 12	85 - 100	8 - 32
Beterraba	0	90 - 100	4 - 20
Brócolos	0	90 - 100	1 - 2
Cebola	0	65 - 75	4 - 32
Cenoura	0	90 - 100	2 - 3
Courgette	7	95	1 - 2
Couve de bruxelas	0	92 - 100	2 - 5
Couve-flor	0	90 - 100	2 - 4
Espargo	0 - 2,5	85 - 100	2 - 4
Espinafre	0	90 - 100	2 - 4
Nabo	0	90 - 95	10 - 14
Pepino	7 - 10	85 - 100	10 - 21
	10 - 12,5	95	14 dias
Pimento	7 - 10	90 - 95	2 - 3
Salsa	0	90 - 100	4 - 8
Tomate maduro	4 - 10	85 - 95	3 - 7 dias
Tomate verde	12 - 20	85 - 95	1 - 4

Vegetais como brócolos, podem ser refrigerados e armazenados a temperaturas próximas do ponto de congelamento, enquanto a abóbora, o tomate e o pepino, devem ser refrigerados e armazenados a temperaturas mais altas (Chitarra e Chitarra, 1990; Ashrae, 1998; Edegou *et al.*, 1997, Wilson *et al.*, 1999), pois são mais sensíveis ao frio, sofrendo danos fisiológicos a temperaturas mais baixas (Fonseca e Morais, 2000). Com efeito, o decréscimo da temperatura deve ser induzido até ao limite em que pode provocar lesões pelo frio. As lesões pelo frio dependem da temperatura e do tempo de

exposição e expressam-se de várias maneiras, nomeadamente por amadurecimentos irregulares, depressões na superfície, descolorações, colapso dos tecidos, desenvolvimento de sabores desagradáveis e aumento da susceptibilidade a doenças.

3.3. Congelação

A congelação é um excelente método de preservação de legumes frescos. É um método de conservação por remoção de calor, reduz a temperatura do alimento até que os efeitos destrutivos de microrganismos, enzimas e oxigénio sejam paralisados ou reduzidos (Harrison e Andress, 2010). As funções vitais dos microrganismos são mantidas mesmo a temperaturas consideradas mínimas para o crescimento. Cessam apenas a multiplicação e sobrevivem com metabolismo reduzido, e quando a temperatura aumentar, reiniciam a multiplicação e o metabolismo normal é restabelecido.

A qualidade dos vegetais congelados depende da qualidade dos produtos frescos e como eles são tratados a partir do momento em que são colhidos até que estejam prontos para comer. O congelamento não vai melhorar a qualidade do produto (Harrison e Andress, 2010). Na conservação por congelação é também essencial garantir que a temperatura se mantenha a 18°C negativos, garantindo que não ultrapassa os limites de forma a garantir a qualidade e segurança do produto (Silva, 2000a). No Quadro 3.2 são apresentados os períodos de armazenamento de várias hortaliças quando armazenadas à temperatura de 18°C negativos (Silva, 2000a).

Existem duas modalidades de congelamento: lento e rápido. O congelamento lento é feito em congeladores, é um método barato, mas, apresenta a inconveniência de necessitar de mais tempo para atingir a temperatura desejada, acabando por ter influência na qualidade do produto. Este tipo de congelamento pode ocasionar a formação de cristais de gelo de grandes dimensões que rompem as células e dilaceram os tecidos, fazendo com que no momento da descongelação os nutrientes sejam escoados com a água e haja perda de suculência e perda nutricional. O congelamento lento também pode ocasionar um dano osmótico que provoca a ruptura das células pelo aumento da pressão interna (Cardoso, 2002).

Quadro 3.2.: Tempo de armazenamento de alguns produtos hortícolas (-18°C) (Silva, 2000a)

Produto hortícola	Tempo (meses)
Brócolos	15
Cenoura	18
Couve-flor	15
Ervilhas	18
Espargos	15
Espinafres	18

O congelamento rápido caracteriza-se por uma rápida passagem do alimento a temperaturas compreendidas entre 0 e - 4°C. Se o congelamento neste intervalo for rápido, o tamanho dos cristais de gelo formados é menor, impedindo a ruptura de células (esta ruptura prejudica a qualidade do

alimento) (Silva, 2000). O congelamento pode ser feito através da imersão do produto hortícola num fluido criogénico ou mesmo a aspersão deste sobre o mesmo. Neste caso, o líquido refrigerante tem que ser inerte, inodoro, incolor, insípido, não inflamável e atóxico. O azoto líquido, que apresenta uma temperatura (no estado líquido) de -196°C tem sido o fluido mais utilizado, pois quando entra em contacto com o alimento efectua o congelamento em poucos minutos. O congelamento rápido também pode ser realizado de forma indirecta, ou seja, o alimento não entra em contacto directo com o fluido criogénico.

As tecnologias rápidas são consideradas tratamentos de grande importância e eficácia, para manter a qualidade das hortaliças, aumentando o seu tempo de conservação. De acordo com Kuaye (1994), um alimento com qualidade em matéria-prima, condições de preparação e armazenagem terá qualidade superior caso seja congelado rapidamente comparativamente ao que é congelado lentamente. Os alimentos rapidamente congelados não sofrem com a formação de cristais de gelo, e consequentemente não têm células danificadas e assim, não há perda significativa de nutrientes quando é descongelado (Harrison e Andress, 2010). Para processamentos em grande escala deve-se optar pelo congelamento rápido, pois comparativamente ao congelamento lento, permite obter um produto com melhor qualidade, traduzindo-se numa menor perda de nutrientes e menor alteração de cor, sabor e textura (Silva, 2000a). Contudo, tem a desvantagem de as células microbianas sobreviverem melhor quando a congelação é rápida (Jay *et al.*, 2005).

O branqueamento é um pré-tratamento obrigatório para quase todos os vegetais congelados. O branqueamento retarda ou impede a acção de enzimas que podem causar perda de sabor, cor e textura. Associado à congelação, o tempo de branqueamento é crucial e varia de acordo como vegetal e o seu tamanho (Quadro 3.3). Um branqueamento insuficiente estimula a actividade das enzimas e o resultado é mais negativo do que se não for efectuado. Um branqueamento excessivo provoca perda de sabor, cor, vitaminas e minerais (Zucchini, 2010, Rickman *et al.*, 2007).

Quadro 3.3.: Tempo de branqueamento de alguns produtos hortícolas (Silva, 2000a)

Produto hortícola	Tempo de branqueamento (min)
Beterraba	3 – 5
Brócolos	3 – 4
Cenoura	2 – 5
Couve-flor	3
Feijão-verde	3
Batata	2 – 4
Ervilhas	2 – 4
Couve	2
Pimento	2
Espinafre	2

Os principais vegetais em que é usada a técnica de congelação como método de conservação são: brócolos, espargos, couve-flor, cogumelos, cebola, abóbora, feijão-verde, cenoura, repolho, couve-de-bruxelas (Harrison e Andress. 2010). Alguns produtos hortícolas não podem ser congelados. É o caso da alface, tomate, aipo, pepino, salsa, rabanetes, devido ao seu alto teor de água, tornam-se moles e aguados após a descongelação (Robinson, 2012).

3.4.Secagem

A água desempenha um papel importante e único nos produtos agrícolas, afectando uma grande quantidade de processos físicos, químicos e biológicos que ocorrem durante o armazenamento (Banu e Coll, 1999). O elevado teor de água (de cerca de 75-90%), com um teor de a_w também elevado, nos legumes e hortícolas, cria um ambiente favorável para o desenvolvimento de microrganismos, com efeitos negativos sobre a qualidade, e que reduzem significativamente o tempo de conservação dos vegetais (Marin e Bratucu, 2010). A secagem deve diminuir o teor de água do alimento até níveis que permitam retardar o desenvolvimento de microrganismos, armazenar o produto de forma segura e aumentar o seu tempo de conservação (Krokida *et al.*, 2003; Rickman *et al.*, 2007).

Os vegetais desidratados são produzidos por um processo de desidratação ou secagem, que se define como “a aplicação de calor sob condições controladas para remover por evaporação, a maioria da água normalmente presente no alimento (ou, no caso da liofilização, por sublimação)” (Fellows, 2006).

Deve-se salientar que o processo de secagem altera as propriedades nutricionais e sensoriais do alimento (Fellows, 2006). Sendo assim, o projecto e a operação do equipamento devem minimizar essas alterações por meio de uma escolha apropriada do processo de desidratação para cada alimento em particular. Por outro lado, a qualidade do produto final, sob o ponto de vista nutricional e sensorial, também depende dos pré-tratamentos, do processo de secagem propriamente dito e do armazenamento a que foi sujeito. As operações preliminares, principalmente o branqueamento, a desidratação osmótica, e a aplicação de conservantes, são fundamentais para garantir a qualidade dos vegetais desidratados (Machado, 2006). O branqueamento consiste num cozimento parcial, com vapor ou água quente, que tem como objectivo desnaturar as enzimas que provocam a oxidação e/ou o escurecimento dos vegetais (Ordóñez, 2005), tal como já foi abordado no sub-capítulo 3.1. A eficiência do tratamento é medida através do grau de inactivação enzimática. A enzima normalmente utilizada para avaliar a eficiência do processo nos vegetais é a peroxidase, pela sua maior resistência ao calor (www.insumos.com.br). O branqueamento reduz o tempo de secagem, destrói microrganismos deterioradores e ajuda a manter as vitaminas e a cor (Ordóñez, 2005). Ao invés do branqueamento com vapor, podem também utilizar-se tratamentos químicos, para inactivar as enzimas (Ordóñez, 2005).

A desidratação osmótica é um processo que ocorre nos tecidos vegetais quando estes são colocados em soluções concentradas de sacarose ou cloreto de sódio. Com o tempo, a água passa pelas membranas, saindo das células e resultando na desidratação do tecido, e assim permite reduzir o teor de água no tecido (Caliari *et al.*, 2004). Este processo traz algumas vantagens, como a inibição do escurecimento enzimático; retenção da cor natural do produto sem a utilização de conservantes;

maior retenção de componentes voláteis durante a secagem subsequente (Mota, 2005). No entanto, há perdas de solutos próprios dos vegetais, que podem modificara qualidade organoléptica e nutricional do produto final (Ordóñez, 2005).

A aplicação de conservantes é realizada após a desidratação osmótica ou após o branqueamento, e é necessária, quando se deseja melhorar a cor e manter a qualidade do produto final durante mais tempo. São utilizados dióxido de enxofre, ácido ascórbico, ácido cítrico, sal e açúcar (www.insumos.com.br).

São utilizados diferentes métodos na secagem de produtos hortícolas (Alibas, 2007). A escolha do método de secagem a ser utilizado vai depender de alguns factores, como características da matéria-prima; propriedades físicas (cor e sabor); custos de produção; exigências do mercado e mão-de-obra especializada (Machado, 2006).

O método mais comum usado na secagem de alimentos é a secagem convectiva de ar quente (Guiné *et al.*, 2011). Esta secagem é realizada pelo calor produzido artificialmente em condições de temperatura, humidade e corrente de ar controladas (Gava, 1984; Silva, 2000b).

Durante este processo, os alimentos perdem alguns nutrientes, em maior ou em menor quantidade, dependendo das condições de secagem a que são sujeitos, principalmente o binómio tempo/temperatura de secagem (Guiné, 2011).

O princípio da secagem por rádio-frequência baseia-se no facto de que o calor é gerado em materiais eléctricos, por exemplo, é constituído por duas placas metálicas paralelas ou elétrodos, com o produto a ser desidratado colocado entre elas. Este tipo de secagem não atinge a qualidade exigida. Por conseguinte, será necessário combiná-lo com alguns meios de garantir essa qualidade (Nijhuis *et al.*, 1998).

Nos últimos anos, a secagem por microondas tem ganho popularidade como um método alternativo de secagem na indústria alimentar.

A secagem de vegetais por microondas oferece uma vantagem distinta, como estes alimentos são maioritariamente constituídos por água, a absorção de energia é proporcional ao teor de humidade residual e portanto, irão absorver a energia de microondas de forma rápida e eficiente, enquanto houver humidade residual (Wang *et al.*, 2007).

A secagem por liofilização é considerada uma das melhores técnicas para remoção de água (Genin e René, 1995) e baseia-se na sublimação da água de um alimento congelado (Liapis, 1987). Este processo é um dos mais importantes para manter e preservar a qualidade dos produtos durante o armazenamento e transporte a longo prazo, e aumentar a sua disponibilidade ao longo do ano. Em alguns casos, permite um processamento mais conveniente do alimento. Contudo, também tem as suas desvantagens, que consistem no facto dos vegetais sofrerem reacções que geram modificações no sabor, cor, textura e valor nutricional, podendo também ocorrer uma perda de firmeza dos tecidos (Hui, 2006), sendo que a cor e a textura são um dos principais atributos que influenciam a aceitação global dos alimentos.

Os principais vegetais utilizados nos processos de secagem são os espinafres, brócolos, abóbora, repolho, salsa, cebola, cenoura, beringela, beterraba, alho, pimento (Boyer e Huff, 2008).

Os produtos desidratados têm um volume reduzido, menor peso, maior valor energético, são fáceis de preparar, mais fáceis de armazenar e ocupam um menor espaço, são facilmente manuseados e transportados e o tempo de vida útil é aumentado, mas perdem substâncias aromáticas e algumas das suas vitaminas são destruídas. A secagem reduz a humidade para um nível que impede a actividade de microrganismos sem dano tecidual (Marin e Bratucu, 2010).

O Quadro 3.4 apresenta, para alguns produtos hortícolas, o tipo de branqueamento realizado, a sua duração (operação preliminar à desidratação propriamente dita), bem como a duração da desidratação.

Quadro 3.4.: Duração de branqueamento e desidratação de alguns vegetais (Boyer e Huff, 2008)

Vegetal	Branqueamento		Tempo de desidratação (horas)
	Método	Tempo(min)	
Beterraba	Cozinhado antes de secar		3,5 a 5
Cenoura	Vapor	3 a 3,5	3,5 a 5
Alho	Não necessita		6 a 8
Cebola	Não necessita		3 a 6
Salsa	Não necessita		1 a 2
Abóbora	Vapor	2,5 a 3	10 a 16
	Água	1	

3.5. Conservação por modificação da atmosfera

A qualidade pós-colheita de alimentos que respiram como é o caso dos produtos hortícolas, pode ser estabilizada através da alteração da atmosfera circundante.

A embalagem em atmosfera modificada é um método que implica a eliminação por substituição do ar no interior da embalagem por um gás, ou mistura de gases (O_2 , CO_2 e N_2), dependendo do tipo de produto. A atmosfera gasosa altera-se continuamente durante todo o período de armazenamento devido à influência de diversos factores, como a respiração do produto, alterações bioquímicas e a lenta difusão dos gases através do alimento e embalagem (Mantilla *et al.*, 2010). A embalagem em atmosfera modificada retarda a actividade metabólica dos produtos hortícolas, através dos baixos níveis de O_2 e níveis de CO_2 consideráveis (Figura 3.2) (Gorris e Peppelenbos, 1992), contribuindo para o aumento do tempo de vida dos produtos.

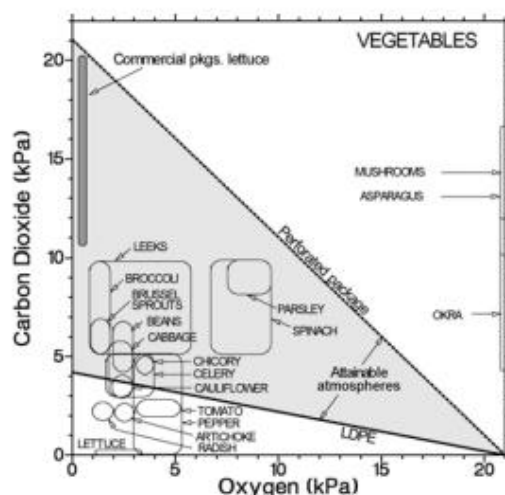


Figura 3.2: Combinação de O_2 e CO_2 recomendáveis para armazenamento de vegetais. A área sombreada representa atmosferas atingíveis através do armazenamento em atmosfera modificada com polietileno de baixa densidade e embalagens perfuradas (linha superior tracejada). A área escurecida representa atmosferas observadas em pacotes de alface para salada em atmosfera modificada (Beaudry, 1999)

A geração de uma atmosfera com um teor reduzido em O_2 e/ou elevado em CO_2 influencia o metabolismo do produto a ser embalado, como já referido, podendo também inibir a actividade de organismos que podem pôr em risco a capacidade de armazenamento e/ou a vida de prateleira do produto. Além disso, a embalagem isola o produto do ambiente externo, ajudando assim a assegurar condições que reduzem a exposição a agentes patogénicos e contaminantes (Beaudry e Mir, 1999).

No caso dos alimentos que respiram, como vegetais a tecnologia de embalagem é conhecida como modificação passiva da atmosfera e visa retardar a respiração, o amadurecimento, a senescência, a perda de clorofila, a perda de humidade, o escurecimento enzimático e, consequentemente, as alterações de qualidade advindas destes processos. Atmosferas com 3 a 8% de O_2 e 3 a 10% de CO_2 têm potencial para aumentar o prazo comercial destes produtos (Sarantópoulos, 1997). Nestes produtos alimentares a concentração de O_2 nas embalagens não deve ser muito reduzida, para que estes mantenham as suas funções básicas e evitar a respiração anaeróbia, pois há formação de compostos indesejáveis como etanol e acetaldeído, responsáveis por sabores indesejáveis e perda de qualidade (Gorris e Peppelenbos, 1992; Sarantópoulos, 1997).

O acondicionamento dos hortícolas em atmosfera modificada é feito através da selagem destes produtos em embalagens de película polimérica, para modificar os níveis de O_2 e CO_2 dentro da atmosfera do pacote. No armazenamento em atmosfera modificada não existe controlo sobre a composição atmosférica da embalagem. A composição da atmosfera é alterada pois está sujeita às mudanças que ocorrem devido a actividade fisiológica do vegetal (Gorris e Peppelenbos, 1992). A embalagem em atmosfera modificada depende da modificação da atmosfera dentro o pacote, alcançado pela interacção natural entre dois processos, a respiração do produto e a transferência de gases através da embalagem, que leva a um atmosfera mais rica em CO_2 e pobre em O_2 . Esta atmosfera pode, potencialmente, reduzir a taxa de respiração e de etileno (Fonseca *et al.*, 2002).

Assim, a embalagem em atmosfera modificada pode ser interpretada como um sistema dinâmico, com dois fluxos de gás, a taxa de respiração do produto fresco e as trocas gasosas através da barreira. Tradicionalmente, as indústrias têm vindo a utilizar filmes poliméricos para embalar legumes frescos com algum sucesso. Contudo, a maioria dos filmes poliméricos comerciais são adequados para promover baixos níveis de oxigénio e níveis elevados de CO₂ no espaço vazio da embalagem, aumentando assim o risco de se alcançar condições anaeróbicas, especialmente quando o produto embalado tem actividade metabólica elevada. Devido à baixa permeabilidade ao vapor de água apresentado pela maioria dos filmes, a condensação de humidade na superfície da película interna é uma ocorrência comum, conduzindo a condições óptimas para o crescimento microbiano (Oliveira *et al.*, 1998).

Os vegetais usualmente armazenados em atmosfera modificada são a alface, espinafres, brócolos, couves de bruxelas, couve-flor, cenoura, pepino, cebola, espargos (Beaudry, 1999).

A perfuração mediada na embalagem em atmosfera modificada (PM-MAP) é um sistema alternativo à embalagem em atmosfera modificada convencional com películas poliméricas para controlar as taxas de troca de gases durante o armazenamento de produtos frescos. Os gases envolvidos neste processo são o O₂ e CO₂ (Brecht e Chau, 2002). Os vegetais que podem ser embalados em PM-MAP são: espinafre, brócolos, espargos, cogumelos e alho-francês e alguns vegetais cortados, como repolho picado, cenoura ralada ou fatiada, cebolas em rodelas ou cubos (Fonseca *et al.*, 2000). PM-MAP tem sido referida como a técnica de conservação ideal para vários vegetais como alho-francês e brócolos (Ramachandra, 1995), espinafre, couve-flor (Ratti *et al.*, 2002), cebola cortada. Até agora, PM-MAP foi aplicado principalmente para produtos frescos inteiros, mas não para minimamente processados, como cenoura ralada (Silva, 1995). A atmosfera ideal para vegetais inteiros e processados difere devido à menor resistência à difusão do gás. Uma elevada pressão parcial de CO₂ e baixa de O₂ é prejudicial para os vegetais inteiros durante um longo período de armazenamento, no entanto, pode ser útil para aumentar a qualidade e o tempo de conservação de vegetais processados (Beaudry, 2000; Watkins, 2000).

O acondicionamento em atmosfera modificada, como método alternativo de controlar a atmosfera, é simples, económico e também eficaz de forma a retardar a deterioração pós-colheita e manter a qualidade visual em qualquer temperatura baixa ou elevada. A combinação da refrigeração com a embalagem em atmosfera modificada, é um método de conservação bastante eficaz na manutenção da qualidade visual. No entanto, se houver algum dano na embalagem, a deterioração do vegetal é muito mais evidente e rápida (Lamikanra, 2002).

Existe também a atmosfera controlada, que designa sistemas que efectuem uma constante monitorização e regulação da concentração de O₂ e de CO₂ na atmosfera dentro de câmaras ou contentores hermeticamente fechados, ao contrário da atmosfera modificada que é regulada apenas nas embalagens. Normalmente, este sistema mantém concentrações de O₂ inferiores e de CO₂ superiores às da atmosfera normal. Os sistemas de monitorização e controlo medem e ajustam periodicamente as concentrações dos gases à medida que elas se vão alterando devido à actividade metabólica dos produtos e a fugas através de frinchas de portas e das paredes (Almeida, 2005).

Este método apresenta como vantagens o atraso do amadurecimento; redução de ocorrência de podridões; diminuição da perda de peso de vegetais; aumento da vida de prateleira dos produtos; viabilização de uma colheita num estado mais avançado de maturação, quando os vegetais apresentam melhor qualidade; reduz os efeitos negativos do etileno e mantém melhor as características organolépticas dos vegetais (Almeida, 2005; Embrapa, 2012).

Como inconvenientes do armazenamento em atmosfera controlada, podemos considerar um custo elevado na instalação da câmara; possibilidade de ocorrência de distúrbios fisiológicos devido à baixa concentração de O_2 e elevada de CO_2 ; maior necessidade de mão-de-obra qualificada para o acompanhamento diário das câmaras; longos períodos de armazenamento podem diminuir a capacidade de produção de aroma (Embrapa, 2012).

Existe ainda o sistema de armazenamento a vácuo. Neste sistema os vegetais são armazenados sob um vácuo parcial. À medida que a pressão dentro da câmara de armazenamento é reduzida, através de uma bomba de vácuo, a pressão parcial (concentração) de O_2 é reduzida na mesma proporção. Como a ebulição da água a pressão reduzida ocorre a uma temperatura baixa, os produtos tendem a perder mais água, se não houver a preocupação de manter o ar dentro da câmara com uma humidade relativa perto de 100%. A construção da câmara tem de suportar o diferencial de pressão sem implodir. A remoção do etileno do interior dos órgãos vegetais tem sido argumentado como um benefício adicional dos sistemas hipobáricos, no entanto este sistema é pouco utilizado (Almeida, 2005).

3.6. Conservação por processos fermentativos

A conservação dos legumes por fermentação é um processo bastante antigo. Existem duas características que se encontram em todos os processos de fermentação dos vegetais: adição de sal sob a forma de salmoura ou sal seco; manutenção de condições anaeróbias (Lacasse, 1995).

A adição de sal antes da fermentação permite extrair das células vegetais a água, os sais minerais, e outros nutrientes necessários ao crescimento das bactérias lácticas (Lacasse, 1995). Isto permite ainda inibir o crescimento das bactérias de alteração, dando assim tempo à flora láctica de assumir a sua dominância por acidificação do meio. O pH final é de geralmente 3,5 a 4. A anaerobiose impede o desenvolvimento da flora acidófila (bactérias acéticas, fungos, leveduras aeróbias) (Lacasse, 1995).

A quantidade de sal é de extrema importância, visto que, uma quantidade demasiado pequena provoca defeitos na fermentação devido ao crescimento de bactérias de alteração, enquanto uma quantidade demasiado grande reduz a velocidade de fermentação por inibição da flora láctica, sendo mais rápida a 5% e cessando a 15% (Lacasse, 1995).

As bactérias heterofermentativas são as principais responsáveis pelo sabor do produto. As bactérias homofermentativas, pela sua abundante produção de ácido láctico, baixam o pH a um nível suficiente para permitir a conservação do produto. Contribuem também para diminuir o amargo e consumir parte do manitol produzido pelas bactérias (Hutkins, 2006; Lacasse, 1995).

Além de facilitar a conservação dos alimentos em questão, a fermentação confere um atractivo especial do ponto de vista organoléptico, ao mesmo tempo que garante um aporte nutricional suplementar devido às bactérias lácticas (Hutkins, 2006; Lacasse, 1995).

No entanto, se o processo de fermentação não for bem conduzido, pode haver contaminação, aparecendo odores e sabores indesejáveis (produção de ácido butírico, aminas aromáticas). Há também o perigo de contaminação por bactérias patogénicas (Motarjemi *et al.*, 2001).

Existem vários processos para fermentação de vegetais. Genericamente, o método de fermentação dos vegetais (pickles) consiste em higienizar os mesmos e colocá-los numa salmoura leve (aproximadamente 5% de sal), e ir aumentando a salinidade por adição de sal seco. As bactérias lácticas da flora natural dos vegetais, transformam lentamente os açúcares fermentáveis provenientes do alimento em ácido láctico. O pH decresce progressivamente durante a fermentação para atingir aproximadamente 3,5. A concentração de sal é ajustada a 15%, interrompendo a fermentação e ajudando na conservação do alimento.

Quando se efectua o acondicionamento, substitui-se a salmoura por vinagre e pasteuriza-se.

Os vegetais mais utilizados neste método de conservação são as cenouras, cebolas, cebolinho, a couve-flor e os pepinos (Hutkins, 2006; Lacasse, 1995).

Há também o chucrute, obtido por fermentação completa, principalmente láctica, de repolho devidamente preparado (triturado) na presença de 2 a 3% de sal (Gava, 1984).

3.7. Radiação Ionizante

O uso de irradiação para preservar alimentos é um método eficaz e aconselhável, de acordo com várias evidências científicas (Mantilla *et al.*, 2010).

Vários estudos científicos concluíram que a irradiação em doses recomendadas não é prejudicial. Nenhum resíduo radioactivo permanece no alimento processado, bem como não foram observadas alterações nutricionais. A utilização de radiação ionizante destrói microrganismos (patogénicos ou não) presentes nos alimentos. Estes podem ser expostos à irradiação após o empacotamento, e alimentos tais como vegetais, quando irradiados, mantêm a sua frescura por longos períodos de tempo sem alterações físicas ou químicas detectáveis. (Pelczar *et al.*, 1997; Durante, 2002).

As desvantagens do uso da radiação em alimentos incluem a continuidade da actividade enzimática durante o armazenamento e possíveis alterações químicas em alimentos predispostos. Para evitar esta situação, deve realizar-se previamente um tratamento térmico (Jay *et al.*, 2005).

Muitos países utilizam o método de maneira limitada, enquanto outros (30 ou mais países) utilizam o processo de irradiação para diversos alimentos. Este método não é utilizado em maior escala, em parte devido à suposição de que o consumidor está relutante em comprar o produto irradiado (Pelczar *et al.*, 1997).

Em 1981, um comité formado pela Organização para Alimentos e Agricultura (FAO) / Agência Internacional de Energia atómica (AIEA) / Organização Mundial da Saúde (OMS) declarou que alimentos irradiados até 10kGy são seguros (Jay *et al.*, 2005).

As doses de irradiação em alimentos menores que 10kGy provocam mudanças nulas ou quase nulas na qualidade nutricional dos produtos hortícolas. O conteúdo de aminoácidos sofre uma variação pequena com tratamentos ionizantes entre 25 e 70kGy (Bourgeois, 1994).

No que se refere aos hidratos de carbono, o tratamento com radiação ionizante altera menos estes compostos do que o tratamento térmico. O conteúdo de vitaminas não varia, excepto a vitamina K que é destruída sob estas condições (Bourgeois, 1994).

Pelo menos 40 países aprovaram a irradiação de um ou mais produtos alimentícios, e 29 utilizaram a irradiação de alimentos comercialmente (Jay, 2005).

Este método é bastante utilizado em ervas aromáticas pois apresenta-se como uma alternativa segura e sem deixar qualquer tipo de resíduos comparativamente à pulverização química (www.eufic.org).

Na União Europeia, no Jornal Oficial da União Europeia (2009), estão referenciadas a lista de autorizações dos Estados-Membros de alimentos e ingredientes alimentares que podem ser tratados por radiação ionizante (Quadro 3.5).

Quadro 3.5: Lista das autorizações dos Estados-Membros de alimentos e ingredientes alimentares que podem ser tratados por radiação ionizante (autorizado até ao valor máximo estabelecido da dose global média de radiação absorvida [kGy], Jornal Oficial da União Europeia, 2009)

Produto	Valor máximo autorizado [kGy]						
	França	Itália	Bélgica	Reino Unido	Polónia	Holanda	República Checa
Ervas aromáticas ultra congeladas	10		10				10
Batata		0,15	0,15	0,20	0,1		0,20
Cebola	0,075	0,15	0,15	0,20	0,06		0,20
Alho	0,075	0,15	0,15	0,20	0,15		0,20
Leguminosas secas			1	1		1	1
Restantes produtos hortícolas	1		1	1		1	1

3.8. Biofilmes

Os biofilmes têm sido utilizados como agentes activos na manutenção e prolongamento do tempo de conservação dos alimentos (Lemos *et al.*, 2007).

Nesta técnica, utilizam-se como matérias-primas os derivados do amido, da celulose ou do colagénio. Podem ser usados directamente sobre os alimentos, que poderão ser consumidos ainda com a película. O principal polissacárido que pode ser incluído na composição de biofilmes comestíveis é o amido e derivados, derivados de celulose, quitosano, pectina, alginato e outras gomas (Vargas *et al.*, 2008). Os biofilmes comestíveis tendo o amido como biopolímero para sua formação, começam a ser estudados de forma mais intensa, sendo a fécula de mandioca seleccionada como a matéria-prima mais adequada para a sua elaboração, por formar películas resistentes e transparentes; sendo eficientes barreiras à perda de água, proporcionam bom aspecto e brilho intenso, tornando as hortaliças comercialmente atractivas (Bobbio e Bobbio, 1984; Cereda *et al.*, 1992; Vila, 2004).

Os filmes de quitosano têm mostrado grande aptidão para a sua aplicação na conservação de alimentos (Dutta *et al.*, 2009). Derivado da quitina, o quitosano é obtido a partir de produtos residuais do marisco (Xu *et al.*, 2005). Biofilmes de quitosano têm sido utilizados com sucesso em aplicações agrícolas e alimentos, principalmente devido às suas propriedades antimicrobianas e estruturais que permitam que este seja utilizado como um revestimento comestível. Um revestimento de quitosano

tem a propriedade para criar uma barreira semipermeável que controla a troca gasosa e reduz a perda de água, mantendo assim a firmeza do tecido e reduz a contaminação microbiológica dos vegetais colhidos por longos períodos (Devlieghere *et al.*, 2004).

As proteínas que podem também ser utilizados na composição de biofilmes comestíveis, tais como a caseína e as proteínas do soro de leite, ou obtidos a partir de fontes vegetais como zeína de milho, glúten, e proteína de soja (Vargas *et al.*, 2008).

Os biofilmes podem ser utilizados como revestimentos que são aplicados sobre a superfície do alimento ou entre os componentes, visando a redução na perda de vapor de água, oxigénio, migração de lípidos e aroma, ou estabilizar os gradientes de actividade de água e assim manter as diferentes propriedades de textura (Silva, 2011).

Além de conservar o alimento, e manter as suas propriedades fisiológicas, o biofilme confere brilho. Esta é uma grande vantagem, pois além do benefício económico, evita-se a introdução de um componente químico num produto fresco, mantendo os atributos do produto (www.abcsem.com.br).

Contudo, apresentam algumas restrições. As interações dos biofilmes com a água representam uma séria limitação tecnológica, uma vez que as propriedades dos filmes são afectadas pela variação da humidade relativa do ar durante o seu armazenamento (Thiré *et al.*, 2004). Além disso, as fracas propriedades mecânicas destes filmes constituem um dos maiores problemas (Silva, 2011).

Os biofilmes são utilizados em produtos hortícolas como pimentos (Lemos *et al.*, 2007), tomate (Oliveira, *et al.*, 2011), cenouras (Almeida *et al.*, 2011), couve-flor (Vicentini, 1999) e pepino (Vicentini e Cereda, 1999).

3.9. Processamento a alta pressão (HPP)

A técnica de processamento de alimentos HPP (*high pressure processing* - processamento a alta pressão) tem sido reconhecida como uma técnica de conservação alimentar particularmente útil em alternativa a processos convencionais com a pasteurização ou o tratamento químico. Esta solução assume especial interesse no caso de produtos termossensíveis, ou seja, aqueles cujas propriedades se alteram mediante aquecimento a altas temperaturas, causando alterações indesejáveis nos produtos, como modificações de cor, sabor e perdas funcionais ou nutritivas.

O processamento de alimentos por tecnologia de alta pressão consiste em submeter o produto a altas pressões (100 MPa a 1000MPa) durante poucos segundos, com o objetivo de provocar a destruição microbiológica e a parcial desnaturação de enzimas, retardando significativamente as taxas de reações enzimáticas, mantendo intactas as moléculas, como por exemplo a maioria das vitaminas e os compostos voláteis que conferem sabor aos alimentos (Campos *et al.*, 2003; Magalhães, 2008), podendo ser uma técnica muito útil na conservação de produtos hortícolas. Em alguns casos, o HPP pode modificar a estrutura ou textura dos alimentos, pelo que esta técnica pode ser incorporada numa estratégia de desenvolvimento ou melhoria de produtos.

No processamento a pressão elevada, são utilizados dois tipos de métodos: o método hidrostático (UAP – Ultra Alta Pressão) e o método de homogeneização (HAP – Homogeneização a Alta

Pressão). O processamento UAP consiste em submeter o produto a alta pressão dentro de um vaso pressurizado, utilizando um meio (água, por exemplo) que transfere a pressão ao produto. Neste processamento isostático, o produto é embalado (em garrafa, por exemplo) e colocado no interior do vaso de pressão para ser processado, sendo a transmissão de pressão ao alimento praticamente instantânea e homogênea. O processamento HAP é um processo em base contínua que utiliza fundamentalmente um homogeneizador de alta pressão. O produto é bombeado por dois intensificadores de pressão, sendo forçado a fluir através de uma válvula de homogeneização. Isto produz uma velocidade muito elevada através do orifício, e a expansão resultante é a responsável pela ruptura de células de microrganismos, causando mínimas alterações no alimento. O termo “alta pressão” descreve a tensão dada ao produto antes da etapa de homogeneização. A pressão de trabalho é atingida entre o intensificador de pressão e a válvula primária de homogeneização (após a qual ocorre a maior despressurização). A pressão é aplicada ao produto por um período de tempo da ordem de alguns milissegundos. (Campos *et al.*, 2003)

De acordo com Campos *et al.* (2003), o produto tratado através de Alta Pressão tende a apresentar características nutritivas, funcionais e sensoriais semelhantes às do produto natural, quando comparado ao produto tratado termicamente. De acordo com Hendrickx *et al.* (1998), a aplicação de 900 MPa por 10min à temperatura ambiente, em vagens, é suficiente para causar uma redução de 88% na actividade da peroxidase, uma enzima que causa mudanças prejudiciais no sabor durante a armazenagem e que é muito resistente ao processamento térmico. Tratamentos entre 800 e 900 MPa em cogumelos e batatas são necessários para a redução da actividade da polifenoloxidase, cuja acção resulta no escurecimento e em mudanças na aparência e nas propriedades organolépticas (Gomes e Ledward, 1996). No entanto, a estas pressões as batatas não escureceram mas apresentaram um aspecto “cozido”. A inactivação das enzimas pode ser potenciada a pH's ácidos, pela adição de sais, como os de cálcio, açúcares ou outros compostos (Hendrickx *et al.*, 1998). Pressões de 300-600 MPa são suficientes para que ocorra a destruição de bactérias, leveduras e fungos, no entanto, os esporos de bactérias são muito resistentes à alta pressão, sendo necessário pressões superiores a 1200 MPa para a sua inactivação (Hendrickx *et al.*, 1998). O elevado custo associado a este tratamento é uma desvantagem, principalmente devido ao elevado capital inicial, o que ainda limita a sua aplicação a produtos de alto valor agregado (Campos *et al.*, 2003).

As grandes perdas com alimentos deteriorados e a necessidade de aumentar o tempo de vida útil de alimentos muito perecíveis como é o caso dos vegetais, são uma preocupação actual. O uso combinado de processos tecnológicos de conservação como referido ao longo do capítulo deve ser visto como uma solução para esta questão, objectivando o aumento da validade comercial, a manutenção da qualidade sensorial e a inocuidade dos produtos.

4. Alterações nutricionais, organolépticas e de textura em produtos hortícolas conservadas

As técnicas de conservação dos vegetais destinam-se a promover o prolongamento da sua vida útil, tornando-os próprios para consumo, do ponto de vista da segurança alimentar, tentando, ao mesmo tempo, manter as suas propriedades. No entanto, os processos de conservação podem induzir mudanças e interações entre os constituintes dos alimentos, que podem conduzir a alterações no perfil nutricional, organoléptico e de textura.

As perdas nutricionais em vegetais ocorrem quando estes sofrem algum tipo de processamento, como: métodos de cocção, congelamento, pré-preparação, secagem. Conforme Watada e Qi (1999), essas perdas são resultantes do descasque, corte e centrifugação, técnicas normalmente utilizadas durante o processamento, provocando uma série de danos nos tecidos vegetais. O armazenamento e tratamento térmico podem conduzir a perdas globais de até metade do teor de nutrientes iniciais, no entanto, dependendo do hortícola, alguns processos de conservação podem ser otimizados de forma a garantir a manutenção do seu valor nutritivo (por exemplo, a conservação por congelamento ou enlatamento).

No que diz respeito a características organolépticas e de textura, a gama de texturas, cores e sabores, entre outras características, encontradas nos vegetais frescos é vasta.

Uma vez que os tecidos das plantas contêm na sua composição mais de dois terços de água, as relações entre estes componentes e a água determinam as diferenças de textura. Quando os tecidos da planta são danificados pelo processamento, conservação, ou armazenamento ou outras causas, dá-se a perda de permeabilidade, em que a água sai para o exterior da célula e difunde-se, deixando o restante tecido mole e murcho (Dauthy, 1995).

Por outro lado, em plantas jovens, as paredes celulares são muito finas e são compostas em grande parte por celulose. Com o passar do tempo, as paredes celulares tendem a engrossar e ficar com um maior teor em hemicelulose e em lenhina. Estes materiais são fibrosos e duros e não são atenuados por cozimento (Dauthy, 1995).

Os vegetais também contêm uma enzima natural que pode ainda hidrolisar as pectinas até ao ponto em que estas perdem a sua propriedade de formação de gel. Esta enzima é a pectinametilesterase (PME). Se o sumo de vegetais é deixado em repouso a viscosidade original diminui gradualmente devido à acção da PME no gel de pectina. A acção da PME pode ser evitada se os produtos são rapidamente aquecidos a uma temperatura de cerca de 82°C para inactivar a enzima. Em contraste, quando são desejados produtos de baixa viscosidade o calor não é aplicado e a actividade da PME prossegue. Quando a redução da viscosidade alcançada é suficiente, o produto pode ser tratado por acção com calor, tal como em conservas, para permitir a conservação do produto a longo prazo. É também muitas vezes desejável para fixar a textura dos vegetais (Dauthy, 1995).

Para manter a textura dos vegetais, é comum adicionar sais de cálcio aos produtos antes da sua conservação (por exemplo, por congelamento ou enlatamento). Estes sais formam pectatos de cálcio,

que são insolúveis em água, e que promovem a rigidez estrutural, minimizando o amaciamento dos vegetais (Dauthy, 1995).

4.1 Tratamento térmico - cocção

Os tratamentos térmicos como a cocção, aplicados na conservação, têm efeitos significativos no que diz respeito à preservação da qualidade nutricional e organoléptica dos vegetais. Mas a perda ou ganho em qualidade nutricional, organoléptica e de textura é altamente dependente tanto do alimento em questão, como do tratamento de cocção aplicado.

Na aplicação de tratamento térmico a proteína dos complexos vegetais é desnaturada e a clorofila pode ser libertada. A clorofila é altamente instável e muda rapidamente de cor para verde-azeitona e castanho devido à sua conversão a feofitina. A conversão para feofitina é favorecida pelo pH ácido, mas não ocorre imediatamente sob condições alcalinas. Por esta razão, vegetais verdes, tendem a perder a sua cor verde brilhante no aquecimento, no entanto, esta alteração pode ser evitada através da adição de bicarbonato de sódio ou outro sal alcalino na água de cozedura ou de conservas. No entanto, esta prática não é vista como favorável nem é usada comercialmente porque o pH alcalino também tem um efeito negativo no que diz respeito à textura e também destrói a vitamina C e tiamina em temperaturas de cozimento (Dauthy, 1995).

Um estudo em que foi realizado um tratamento térmico com água a ferver durante períodos de tempo desconhecidos, resultou em apenas 49% de retenção de ácido fólico em espinafre (191,8 e 94,4 mg/100g de espinafre cru e cozido, respectivamente), e apenas 44% em brócolos (177,1 e 77,0 mg/100g de brócolos cru e cozido respectivamente) (McKillop *et al.*, 2002). Utilizando o vapor, não ocorreu nenhuma diminuição significativa do teor de ácido fólico, mesmo para a duração máxima (4,5 minutos para o espinafre e 15,0 minutos para os brócolos).

Noutro estudo, brócolos recentemente colhidos foram imersos durante 0, 1, 4 ou 8 min em água quente a 45°C e, em seguida foram colocados rapidamente em água fria durante 10 minutos a 10°C. Seguindo este tratamento, os brócolos foram secos ao ar durante 30 min, em seguida embalados em sacos de película polimérica comerciais, e, finalmente, armazenados durante 16 dias a -1, 1 e 12°C. As amostras tratadas com água quente mantiveram altos teores de concentrações de clorofila, e apresentaram uma taxa de amarelecimento retardada, e as infecções por fungos e lesões pelo frio foram inibidas significativamente. Entre estes tratamentos térmicos, a imersão em água quente durante 4 min a 45 °C foi a mais eficaz para manutenção da qualidade dos brócolos (Dong *et al.*, 2004).

Vários autores têm relatado aumentos de β -caroteno durante o cozimento de legumes frescos e congelados. Por exemplo, vários estudos têm relatado maior bioactividade dos carotenóides em tomates processados quando comparados com tomates frescos, e os feijões-verdes cozidos congelados e cozidos enlatados continham níveis mais elevados de β -caroteno do que frescos (Rickman *et al.*, 2007). Estes resultados podem ser atribuídos à maior extractabilidade e biodisponibilidade dos carotenóides após a cozedura (Nguyen e Schwartz, 1999). No entanto, o tratamento térmico pode isomerizar as formas trans a cis nos carotenóides, resultando em compostos

com menor bioactividade (como provitamínicos) (Abushita *et al*, 2000) e pode degradar os carotenóides (Rickman *et al.*, 2007).

Mudanças aparentes no teor de fibras durante o cozimento, associadas à sua perda, têm sido atribuídas a alterações no teor de humidade. Também foi relatado que a adição de sal promove a degradação da fibra. Por exemplo, cenouras perdem cerca de 15% da sua fibra total após o cozimento com sal. Em contra-partida, um estudo comparou feijão-verde fresco, congelado e enlatado e verificaram um aumento de 25 a 35% de fibra nos vegetais cozinhados congelados e conservas de vegetais cozidos do que em produtos cozidos frescos. No entanto, o facto de serem cultivares diferentes pode explicar este resultado (Rickman *et al.*, 2007).

O cozimento pode também levar a perdas em minerais, uma vez que pode haver transferência dos minerais para o meio de cozimento. As perdas de minerais (fósforo, potássio, cálcio, ferro e manganês) em beterraba, brócolos, feijão-verde e espinafre, submetidos a cocção na água e no vapor, foram estudados. Relativamente à beterraba, houve perdas principalmente no fósforo, potássio e cálcio, sendo as perdas mais significativas no método de cozimento a vapor em todos os minerais. No que concerne aos brócolos, houve perdas principalmente no cálcio, potássio e manganês, sendo as perdas mais significativas no método de cozimento a vapor, em todos os minerais. No que diz respeito aos espinafres, houve perdas nos minerais estudados e além disso, verificou-se que o método de cozimento na água preserva mais adequadamente os minerais estudados. Quanto ao feijão-verde, não existe uma diferença significativa nas perdas minerais entre os métodos de cocção a que foi submetido, no entanto existe diferença significativa nas perdas minerais entre o vegetal cozido na água e no vapor, mas não existe diferença entre o cozido na água e cru. Neste estudo, comprovou-se que apesar de todos os minerais terem o seu teor diminuído, o cozimento na água preserva melhor os teores de fósforo, potássio, cálcio, ferro e manganês nos espinafres, beterraba, brócolos e feijão-verde. No entanto, outros estudos relataram que o método de cocção no vapor preserva mais adequadamente os minerais nos vegetais (Camargo e Botelho, 2005; Cecchi, 2003; Franco, 2004).

Outros estudos em espinafres, sobre os métodos de cocção e a sua relação com o tempo de cozimento, observaram que o processo de cocção faz com que haja perdas de minerais, além de que, o tempo de cozimento é o determinante nessas perdas. Foi comprovado também que o tempo de cocção deve ser o menor possível para a preservação dos minerais contidos no vegetal (Kawashima e Valente Soares, 2005).

Realizou-se outro estudo sobre o tempo de cozimento e a sua influência nos teores minerais (potássio, fósforo, cálcio, manganês e ferro) em folhas de brócolos, couve-flor e couve. Constataram que todos os minerais tiveram seus teores diminuídos com o aumento do tempo de cozimento, mostrando terem sido removidos pela água. Portanto, verifica-se que existem perdas significativas de minerais tanto nas folhas dos brócolos como nas inflorescências e essas perdas acentuam-se conforme o método de cocção utilizado (Santos *et al*, 2003).

Em suma, a temperatura, o tempo e o tipo de cocção influenciam directamente a quantidade final de minerais nos vegetais (Ahvenainen, 1996).

Num estudo em que analisaram diferentes tipos de corte e seus tempos de conservação na beterraba, puderam observar que a beterraba cortada em fatias/cubos apresentou 4 dias de conservação e a beterraba cortada em retalhos teve 6 dias de conservação. Concluíram também que quanto menor o corte no vegetal, maior será o valor nutritivo deste. Estes resultados remetem à possibilidade de que o tamanho do corte das hortaliças, como a beterraba poderá também influenciar na composição química final e nas possíveis perdas minerais deste vegetal (Kluge *et al.*, 2006).

O tratamento térmico afecta as características sensoriais das cenouras, reduzindo o sabor doce e a concentração de compostos voláteis, como os terpenos. Além disso, carbonos C₆ saturados e insaturados, álcoois, aldeídos, esteres, cetonas e os derivados dos carotenóides também sofrem alterações (Teixeira, 2008).

4.2 Tratamento térmico - enlatamento

A vitamina C, um nutriente solúvel em água, é sensível ao calor, luz e oxigénio. Produtos frescos mantidos à temperatura apropriada e consumidos num curto período de tempo, têm mais vitamina C do que produtos comercialmente enlatados. A vitamina C é muito sensível ao calor, sendo destruída mesmo a temperaturas baixas quando o aquecimento é demorado e estiver na presença de oxigénio e do ião cobre. Entre 10 a 90% da vitamina C é perdida durante o processo de enlatamento, no entanto, as alterações nutricionais durante armazenagem é muito reduzida (Rickman *et al.*, 2007).

O quadro 4.1 apresenta os resultados obtidos por diversos autores, em termos das alterações nutricionais de produtos hortícolas enlatados. Como podemos constatar no quadro 4.1, há alguma variação na perda de vitamina C, desde 65% (ervilhas), a 90% (espinafres).

Entre as vitaminas do complexo B, riboflavina e B6 são sensíveis ao calor e à luz, resultando em perda nestes produtos alimentares (Rickman *et al.*, 2007). A tiamina é termolábil, sofre grandes perdas em presença de calor e quando os alimentos possuem baixa acidez. A vitamina A e E apesar de termoestáveis podem sofrer perdas, se o aquecimento se processar na presença de oxigénio. Embora o tratamento térmico inicial das conservas possa resultar em perda, os nutrientes são relativamente estáveis durante a armazenagem devido à subsequente falta de oxigénio.

Comparando tomates frescos com produtos de tomate em lata, os últimos têm sido relatados níveis mais elevados de beta-caroteno, um precursor da vitamina A, provavelmente devido à libertação induzida pelo calor deste nutriente da sua matriz celular (Rickman *et al.*, 2007).

Como esperado, os vegetais contêm níveis significativamente mais elevados de sódio do que os seus homólogos frescos e congelados. Este mineral é muitas vezes adicionado aos vegetais enlatados, principalmente para intensificar o sabor e cor (Nistor *et al.*, 2010). Além disso, sódio em quantidades elevadas contribui ainda para reduzir o desenvolvimento de microrganismos. Os vegetais enlatados também podem ter níveis mais elevados de cálcio e outros minerais, devido à absorção de água com mais dureza usada no processo. O aumento previsível em cálcio pode ser atribuído à adição deste mineral em vegetais, especialmente tomates, para minimizar o amolecimento durante o processamento. Parte do conteúdo mineral pode ser perdido durante o branqueamento, mas a retenção é geralmente elevada (78-91%).

Quadro 4.1: Alterações nutricionais e de outros constituintes para alguns produtos hortícolas em conservas

Produto	Alterações nutricionais	Referência
Brócolos	Perda de 69% de capacidade antioxidante ao fim de um dia enlatado; perda de 99% ao fim de 18 meses	Murcia <i>et al.</i> , 2009
Cenouras	Aumento de 7% em beta-caroteno	Makhlouf <i>et al.</i> , 1995
Cenouras	Perda de 85% de capacidade antioxidante ao fim de um dia enlatado; perda de 98% ao fim de 18 meses	Murcia <i>et al.</i> , 2009
Couve de bruxelas	Perda de 87% de capacidade antioxidante ao fim de um dia enlatado; perda de 99% ao fim de 18 meses	Murcia <i>et al.</i> , 2009
Couve flor	Perda de 99% de capacidade antioxidante ao fim de um dia enlatado e ao fim de 18 meses	Murcia <i>et al.</i> , 2009
Ervilhas	Perda de 65% de vitamina C, de 46% de fibra solúvel, ganho de 15% de cálcio, perda de 47% de magnésio, perda de 15% de potássio, enriquecimento em 4474% de sódio	Makhlouf <i>et al.</i> , 1995
Ervilhas	Redução de 59% da actividade antioxidante, perda de 74% de vitamina C	Hunter e Fletcher, 2002
Espargos	Perda de 58% de capacidade antioxidante ao fim de um dia enlatado; perda de 98% ao fim de 18 meses	Murcia <i>et al.</i> , 2009
Espargos	Perda de 27% de fibra	Saldana <i>et al.</i> , 1979
Espinafres	Perda de 37% de nitratos após 1 mês em conserva; perda de 45% após 6 meses; perda de 55% após 12 meses	Jawroska, 2005
Espinafres	Ganho de 1% de nitritos após 1 mês em conserva; perda de 4% após 6 e após 12 meses	Jawroska, 2005
Espinafres	Perda de 75% de oxalatos após 1 e 2 meses em conserva; perda de 77% após 12 meses	Jawroska, 2005
Espinafre	Redução de 74% da capacidade antioxidante	Hunter e Fletcher, 2002
Espinafre	Perda de 62% de capacidade antioxidante ao fim de um dia enlatado; perda de quase 100% ao fim de 18 meses	Murcia <i>et al.</i> , 2009
Feijão verde	Perda de 74% de capacidade antioxidante ao fim de um dia enlatado; perda de 99% ao fim de 18 meses	Murcia <i>et al.</i> , 2009
Feijão verde	Redução de 20% da capacidade antioxidante	Jiratanan e Liu, 2004
Tomate	Perda de 29% de trans-beta-caroteno; aumento de 90% de cis-beta-caroteno	Abushita <i>et al.</i> , 2000
Espinafre	Perda de 90% da vitamina C	Hunter e Fletcher, 2002

O teor de potássio diminui ligeiramente em vegetais enlatados (cerca de 15%). O teor de ferro pode aumentar em alimentos enlatados em latas de aço; o cobre pode diminuir devido à reacção com o estanho (Rickman *et al.*, 2007).

Relativamente à fibra, a maioria dos estudos não relataram mudanças significativas em vegetais enlatados. O processo de enlatamento resultou numa perda significativa apenas nos vegetais que foram submetidos a uma certa separação física. Esta perda foi atribuída à remoção da camada exterior. Saldana *et al.* (1979) não relataram mudanças significativas no teor de fibra após 1 ano de armazenamento de beterraba e tomates em conserva.

A nível de textura, Dobiás *et al.* (2006), que estudou as alterações em cenouras conservadas, e Sun *et al.* (2007) que estudou espargos em conserva, referem perdas de textura significativas devido ao processamento. Dobiás *et al.* (2006), refere ainda que a perda de textura é directamente proporcional à temperatura utilizada no tratamento térmico.

A acidificação e tratamento térmico são dois métodos largamente utilizados na preservação de alimentos enlatados. No entanto, vários tipos de bactérias podem tolerar essas condições adversas e proliferam em alimentos causando deterioração, constituindo-se como uma desvantagem. Bactérias formadoras de esporos são um problema comum na indústria alimentar, tanto porque são frequentemente encontradas em muitas matérias-primas e pelo facto dos esporos requererem tratamentos mais intensos para inactivação do que as células vegetativas. Esporos de *Bacillus coagulans* conseguem germinar e crescer a pH de 4, e a sua presença em produtos vegetais enlatados, especialmente em produtos de tomate, é significativa (Lucas *et al.*, 2006).

O controlo de bactérias em alimentos enlatados depende da quantidade inicial de esporos no produto e parâmetros de definição de processos térmicos (Leguerinel *et al.*, 2007; Membre e van Zuijlen, 2011). A esporulação e a multiplicação dos esporos vai depender de vários factores, como a duração do processo, o perfil de temperatura e atmosfera. Dois produtos hortícolas, cenouras e feijão-verde, que são amplamente utilizados no fabrico de conservas foram alvos de um estudo para averiguar a prevalência da contaminação com *Clostridium botulinum* e de esporos termoresistentes nos vegetais crus destinados à indústria. O alto nível de contaminação das cenouras em comparação com feijão-verde era esperado, devido à sua presença no solo. No seu conjunto, quase 20% de cenouras cruas e 8% do feijão-verde estavam contaminados (Sevenier *et al.*, 2012). Os autores do estudo referem que a preparação prévia dos vegetais, nomeadamente a sua lavagem e corte, contribui significativamente para a redução da quantidade inicial de esporos nos produtos crus antes de processamento.

O quadro 4.2 apresenta um resumo das vantagens e desvantagens associadas às conservas de vegetais.

Quadro 4.2: Vantagens e desvantagens das conservas de vegetais (adaptado de Fontes e Lopes, 1995; Lucas *et al.*, 2006; Paull, 1999; Wilson *et al.*, 1999, entre outras referências já citadas)

Vantagens	Desvantagens
Fornecimento contínuo de alimentos independentemente da estação e disponibilidade de matérias-primas	Os esporos podem permanecer no alimento enlatado
Aumento significativo do tempo de conservação (é comum prazos de validade extensos, superiores a 12 meses)	Alteração da textura dos vegetais
Perda de nitratos	Perda de vitamina C e outras vitaminas
Aumento de beta-caroteno	Diminuição da actividade anti-oxidante
Redução da carga microbiana	

4.3. Processos de fermentação

A fermentação é considerada como uma tecnologia simples e valiosa para manter e/ou melhorar a segurança do produto, fornecem e preservam grandes quantidades de alimentos nutritivos numa ampla diversidade de sabores (estes alimentos por norma, são muito mais salgados), aromas e texturas e ainda melhoram o valor nutricional e aumentam o tempo de conservação do produto hortícola (Buckenhüskes, 1997; Steinkraus, 1996; Demir *et al.*, 2006), mas este processo deve ser devidamente controlado (McFeeters, 2004).

Os alimentos fermentados são muitas vezes mais digeríveis e mais ricos em vitaminas do complexo B (Hutkins, 2006; Lacasse, 1995). A pasteurização a que estes alimentos são submetidos pode favorecer modificações organolépticas e nutricionais, bem como aumentar o tempo de conservação e higienização do produto hortícola (Di Cagno *et al.*, 2012; Evangelista, 2000).

No caso específico dos pepinos, verifica-se uma perda de peso, que aumenta com o tempo de conservação, bem como o teor de sólidos solúveis totais. No que diz respeito a outras alterações, verifica-se uma perda de firmeza, que aumenta com o tempo de conservação. Os pepinos fermentados são caracterizados por possuírem a cor da pele típicas que variam de luz translúcida verde com verde escuro, boa textura, isento de danos mecânicos (Ariana e Lu, 2010). O inchaço que ocorre nas embalagens destes produtos é causado principalmente pela produção de gases, principalmente dióxido de carbono. Pickles defeituosos são caracterizados por tecidos moles e com o seu centro oco. No entanto, os danos causados pela produção de gases é largamente escondida dentro dos pickles, e por isso é difícil de detectar (Ariana e Lu, 2010).

O quadro 4.3 apresenta um resumo das vantagens e desvantagens associadas aos vegetais conservados por processos fermentativos.

Quadro 4.3: Vantagens e desvantagens de vegetais conservados por processos fermentativos (Ariana e Lu, 2010; Buckenhüskes, 1997; Demir et al., 2006; Hutkins, 2006; Lacasse, 1995; Steinkraus, 1996; Steinkrauss, 1997)

Vantagens	Desvantagens
São produtos alimentares bastante seguros do ponto de vista microbiológico (a fermentação previne a contaminação microbiana)	Perda de firmeza
Alterações de sabor (mais salgados), também pode ser uma desvantagem	Produção de gases (muitas vezes difíceis de detectar)
Mais ricos em vitaminas do complexo B	
Alimentos mais digeríveis	
Menor tempo de confecção	

4.4. Secagem

A secagem, como todos os métodos de conservação, pode resultar em perda de alguns nutrientes. O teor de calorias não altera, mas está concentrado numa pequena massa devido à remoção de humidade. Nos teores de fibra não há nenhuma mudança. A vitamina A é muito bem conservada em métodos de calor controlados. A vitamina C e tiamina, na sua maioria, são destruídas durante o branqueamento e secagem de produtos hortícolas. Os minerais podem ser perdidos durante a reidratação. O ferro não é destruído por secagem. Para uma melhor retenção de nutrientes em alimentos secos, estes devem ser armazenados num local fresco, escuro e seco (Kendall *et al.*, 2004).

No que diz respeito às alterações organolépticas, nomeadamente sabor, e de textura, estão relacionadas com a boa qualidade do produto fresco, condições de preparação e armazenamento do vegetal (Cruz, 1990).

Com a secagem podem ocorrer danos das paredes celulares associadas à redução do volume do produto (Mattea *et al.*, 1989). Frequentemente, durante o processo de secagem rápida, a superfície seca muito mais rápido do que o seu interior, um fenómeno que origina tensões internas, resultando num interior rachado e poroso (Aguilera e Stanley, 1999). Compostos não voláteis migram com a água de difusão e precipitam sobre a superfície do produto, formando uma crosta, resultando em produtos rijos (Potter e Hotchkiss, 1998).

Um produto alimentar poroso apresenta melhores propriedades de reconstituição (taxa de reidratação), mas tem um menor período de vida útil, devido ao aumento da superfície de exposição (Potter e Hotchkiss, 1998).

Durante a secagem, a porosidade do produto aumenta quando a água e os voláteis são removidos. No entanto, se for escolhido o método de secagem adequado, o produto final pode ser controlado (Krokida e Maroulis, 1997). Vegetais secos ao ar possuem uma baixa porosidade comparativamente

com a secagem a vácuo, por exemplo. A porosidade é diretamente dependente do teor de água, composição e volume inicial (Krokida *et al.*, 1997).

No caso específico das cenouras, o contacto com a luz poderá causar a oxidação do caroteno. A oxidação resulta na perda da cor e no desenvolvimento de sabor e odor estranhos (www.insumos.com.br).

O principal factor responsável pela alteração da textura dos vegetais é o teor de humidade final. Com teores baixos de humidade, a textura é muito dura, enquanto com teores mais elevados tornam-se mais saborosas. É necessário, portanto, para cada vegetal que é seco, definir o teor de humidade que este deve reter, de modo a tornar o produto mais apelativo do ponto de vista organoléptico e de textura para o consumidor, garantindo ao mesmo tempo a sua segurança alimentar. Comercialmente, a maioria dos vegetais devem ser tratados antes da desidratação para manter uma boa aparência e para prevenir o escurecimento, perdas do sabor e da vitamina C. Os agentes mais comumente utilizados no pré-tratamento são o ácido ascórbico e o dióxido de enxofre (SO₂) (www.insumos.com.br).

A secagem pode amolecer o produto, tornando-o menos duro. O aumento da temperatura de secagem de 30°C para 70°C reduziu a dureza do pimento verde, tornando-o mais “mole”, e a liofilização teve um efeito intermédio. Os produtos frescos apresentaram uma dureza muito superior à dos produtos secos. No que diz respeito à cor, foi possível concluir que a secagem ao ar a 30°C originou pequenas mudanças na cor do pimento verde enquanto a secagem a 70°C e a liofilização levou a alterações de cor mais intensas (Guiné e Barroca, 2012). De acordo com os mesmos autores, os alimentos secos apresentaram maior elasticidade e menor mastigabilidade.

Muitos métodos convencionais de secagem, secagem por fluxo de ar, secagem a vácuo e liofilização, resultam em baixas velocidades de secagem (Zhang *et al.*, 2005). Os longos tempos de secagem a temperaturas relativamente elevadas, geralmente levam a alterações indesejáveis dos vegetais. A secagem por microondas permite reduzir o tempo de secagem e melhora a qualidade final do vegetal desidratado. No entanto tem alguns inconvenientes, como o aquecimento desigual e danos a nível de textura. Para ultrapassar algumas destas limitações, o ideal é combinar este método com outros métodos de secagem (Zhang *et al.*, 2006).

O Quadro 4.4 reflecte as vantagens e desvantagens da secagem por liofilização, secagem por microondas e por radiofrequência e o quadro 4.5 sintetiza as principais vantagens e desvantagens da secagem de vegetais, em geral.

Quadro 4.4: Vantagens e desvantagens de alguns métodos de secagem de vegetais (- - fortemente negativo; - negativo; 0 sem efeito; + positivo; ++ fortemente positivo) (Nijhuis *et al.*, 1998)

Característica	Liofilização	Secagem por micro-ondas	Secagem por radiofrequência
Custos de investimento	- -	-	0
Consumo de energia	+	0	0
Cor	++	+	+
Aroma	++	+	+
Valor nutricional	++	+	+
Estabilidade Microbiológica	-	+	+
Inativação enzimática	-	+	+
Estabilidade mecânica	- -	-	-
Perda de textura	++	+	+
Aparência fresca após rehidratação	++	+	+

Quadro 4.5: Vantagens e desvantagens da utilização da secagem em vegetais (Aguilera e Stanley, 1999; Kendall *et al.*, 2004; Nijhuis *et al.*, 1998; Potter e Hotchkiss, 1998; Ratti, 2001)

Vantagens	Desvantagens
Aumenta o tempo de conservação do produto até 12 meses (secagem por ar quente)	Perdas de compostos voláteis e aroma, de vitamina C e tiamina. Eventual perda de minerais.
Através das baixas temperaturas da liofilização, a maioria das reações químicas e microbiológicas param, originando um produto de excelente qualidade	Danos nas paredes celulares dos vegetais, aparecimento de rachas
Estabilidade microbiológica	Ocorrência de crostas na superfície do vegetal
	Alteração de textura (tecido mole ou muito duro, dependendo do teor de humidade)
	Alterações na cor/diminuição da intensidade de cor/escurecimento do produto

4.5. Radiação Ionizante

A utilização de radiação ionizante como método de conservação de vegetais é um método físico, que é realizado a uma temperatura próxima da temperatura ambiente. A irradiação de produtos alimentares origina alterações mínimas no sabor, cor, valor nutricional e outros atributos de qualidade. No entanto, estas alterações também são muito variáveis de acordo com a qualidade da matéria-prima utilizada, a dose de radiação utilizada, e o tipo de fonte de radiação empregue. É um método eficaz na descontaminação, na melhoria dos atributos nutricionais e aumenta o tempo de vida útil do vegetal. Tem sido relatado que o uso de uma temperatura menor aliada com radiação em diferentes combinações não irá apenas fornecer um alimento livre de microrganismos, mas também pode ser a melhor resposta para satisfazer a crescente necessidade de um alimento fresco (Allothman *et al.*, 2009).

O quadro 4.6 reflecte os efeitos da radiação ionizante nos antioxidantes presentes nos produtos hortícolas. Estes efeitos vão depender da dose aplicada (doses baixas e médias possuem efeitos insignificantes sobre os antioxidantes), a sensibilidade do antioxidante ou dos fitoquímicos para a irradiação e o efeito da irradiação sobre os componentes do alimento que pode ser responsável para a produção e/ou a acumulação de antioxidantes no vegetal. No entanto, ainda não é claro o verdadeiro mecanismo bioquímico que causa um aumento ou uma diminuição da capacidade antioxidante do produto irradiado, e são necessárias mais pesquisas nesse sentido (Allothman *et al.*, 2009).

Quadro 4.6: Efeitos da Radiação Ionizante nos antioxidantes dos vegetais (Allothman *et al.*, 2009)

Vegetal	Fitoquímico	Resultado
Endívias, alface, cortados frescos	Compostos fenólicos	Irradiação (0, 0.5, 1, e 2 kGy): aumento significativo nos compostos fenólicos totais e na capacidade antioxidante, com o aumento do tempo de irradiação
Tomate	Ácido p-hydroxibenzaldeído, p-cumárico, ácido ferúlico, rutina, naringenina	Tratamento com radiação gama (2, 4, e 6 kGy) reduz a concentração dos compostos fenólicos
Brócolos	Compostos fenólicos, flavonóides	Tratamento com UV-C (4 - 14 kJ m ⁻²): menor teor de compostos fenólicos totais e flavonóides, maior capacidade antioxidante que o controlo.
Sumo de cenoura e couve	Compostos fenólicos	Após 3 dias armazenado a baixas temperaturas (10°C) houve um aumento no teor de compostos fenólicos totais e da actividade antioxidante a 10kGy
Brócolos	Vitamina C	Exposição a UV-C (8 kJ m ⁻²) aumenta os teores de vitamina C e a capacidade antioxidante

Ahn *et al.* (2005) refere que um intervalo de dose viável para irradiar minimamente couve chinesa é de 1-2 kGy para que se possa considerar este alimento seguro em termos microbiológicos. Por outro lado, refere ainda que uma combinação com atmosfera modificada poderá ser útil para manter a qualidade físico-química além da segurança microbiológica durante o armazenamento. Portanto, uma dose baixa de irradiação pode ser uma tecnologia apropriada para a produção de vegetais minimamente processados.

O quadro 4.7 retrata as vantagens e desvantagens associadas à utilização de radiação ionizante em vegetais.

Quadro 4.7: Vantagens e desvantagens da utilização radiação ionizante em vegetais (Allothman *et al.*, 2009; Jay, 2005)

Vantagens	Desvantagens
Eficaz	Continuidade da actividade enzimática durante o armazenamento
Mantém a qualidade dos produtos, a cor e o sabor sofrem poucas alterações	Possíveis alterações químicas em alguns alimentos
Rápido (curto tempo de irradiação)	Estes produtos ainda não são totalmente bem aceites por parte do consumidor
Eliminação de microrganismos	
Efeito mínimo sobre o valor nutricional do vegetal (à excepção da vitamina C)	
Tempo de conservação de 6 a 12 meses (dependendo do vegetal e de outros processos associados)	

4.6 Processamento a alta pressão (HPP)

Processamento a alta pressão (HPP) é uma tecnologia relativamente recente de preservação de alimentos, utilizada para garantir a segurança alimentar e aumentar o tempo de conservação do alimento, sem comprometer as qualidades organolépticas do vegetal (Butz, *et al.*, 1997). O HPP não deverá ter um efeito negativo sobre componentes de baixo peso molecular, como agentes aromatizantes, pigmentos e vitaminas, porque as ligações covalentes não são interrompidas à pressão utilizada (Butz, *et al.*, 1997). Por exemplo, as vitaminas B1 e B6 apresentaram resistência à aplicação de 600 MPa durante 30 minutos a 20°C (Sancho *et al.*, 1999). A vitamina C é mais susceptível, havendo uma perda de 12% a 200MPa e 11% a 600MPa (Sancho *et al.*, 1999).

No caso específico do feijão-verde, uma breve exposição a altas pressões aumentou substancialmente a sua atividade antioxidante, como demonstrado no quadro 4.8. É possível que as alterações da matriz tecidual induzida pelas pressões hidrostáticas elevadas, por exemplo, ruptura da parede da célula vegetal, origine a libertação para o meio extracelular de compostos com acção antioxidante (McInerney *et al.*, 2007).

Quadro 4.8: Alterações na capacidade antioxidante em alguns produtos hortícolas através do método de alta pressão (HPP)

Produto hortícola	Alterações na capacidade antioxidante	Referência bibliográfica
Brócolos	Diminuição de 7% da capacidade antioxidante a 600MPa	McInerney <i>et al.</i> , 2007
Cenouras	Diminuição de 3% da capacidade antioxidante a 600MPa	McInerney <i>et al.</i> , 2007
Feijão-verde	Aumento de 98% da capacidade antioxidante a uma pressão de 600 MPa	McInerney <i>et al.</i> , 2007

No que diz respeito a alterações a nível de textura, no caso da cenoura, se for realizado um pré-tratamento de HPP a 400MPa antes do tratamento térmico a temperaturas médias (60°C), há uma redução do amolecimento dos tecidos (Sila *et al.*, 2008). Isto deve-se ao facto do HPP diminuir a actividade da enzima pectinametilesterase (PME), uma enzima pectinolítica, que promove o amolecimento dos tecidos vegetais.

Relativamente à coloração, não foram identificadas alterações em brócolos a uma pressão de 800MPa durante 8h a 40°C (Van Loey *et al.*, 1998). No caso das cenouras, o HPP como pré-tratamento antes da secagem e congelação faz com que haja retenção de cor e mantém a sua textura, ao contrário do tratamento térmico, que afecta a cor e textura (Araya, 2011).

Um estudo averiguou os efeitos antimutagénicos de alguns vegetais, utilizando HPP a diferentes pressões e diferentes temperaturas. Verificou-se que a couve-flor a uma pressão de 400MPa reduziu a actividade mutagénica a cerca de 20%, e 42% a 600MPa, a uma temperatura de 25°C, durante 10 minutos. Elevando a temperatura a 50°C, a 600MPa, houve apenas uma redução de 36%, durante 10 minutos. No que diz respeito aos espinafres, 10 minutos a 400MPa e a 25°C reduziu a actividade mutagénica a 88%. À mesma temperatura e tempo, mas a 600MPa houve uma redução de 70%. A uma pressão de 600MPa, a 50°C, durante 10 minutos, a redução foi de 55%. A redução da actividade mutagénica da couve-flor após colheita é de cerca de 7%, e a do espinafre é de 40%. Assim, podemos constatar que o HPP, aumenta o poder antimutagénico destes dois vegetais (Butz *et al.*, 1997).

O quadro 4.9 compila as principais vantagens e desvantagens da utilização de HPP em vegetais.

Quadro 4.9: Vantagens e desvantagens da utilização de HPP em vegetais (Butz *et al.*, 1997; McInerney *et al.*, 2007, Sila *et al.*, 2008; Araya, 2011)

Vantagens	Desvantagens
Produtos hortícolas de elevada qualidade, uma maior segurança e maior tempo de conservação (no caso das cenouras, 14 dias em refrigeração)	Método bastante dispendioso
Mantém o teor de vitaminas do vegetal e a suas características organolépticas, assim como as suas propriedades anti-mutagénicas	
Destrói os microrganismos e inactiva enzimas	

4.7. Biofilmes

Nos últimos tempos, tem havido um crescente interesse em desenvolver materiais com capacidade de formação de película além de terem propriedades antimicrobianas que ajudam a melhorar a segurança alimentar e o tempo de vida útil dos vegetais (Moreira *et al.*, 2011). Têm sido estudados biofilmes comestíveis de polissacarídeos, proteínas e lípidos de forma a melhorar a textura e reduzir a perda de humidade, a respiração e as alterações de cor em vegetais minimamente processados (Baldwin *et al.*, 1995).

Moreira *et al.* (2011) estudaram os efeitos do revestimento de quitosano comestível sobre a qualidade microbiológica e organoléptica de brócolos refrigerados. Este revestimento resultou numa redução significativa do total de bactérias mesófilas e psicotróficas relativamente às amostras de controlo durante todo o período de armazenamento. O revestimento de quitosano inibiu o crescimento de coliformes totais ao longo do tempo de armazenamento e teve ainda um efeito bactericida sobre *E. coli* endógeno e uma significativa redução nas contagens totais de *E. coli* (endógeno e O157:H7). Quanto às alterações organolépticas, o revestimento de quitosano inibiu o amarelecimento e o amadurecimento, sem o aparecimento de odores indesejáveis, e sem afectar a textura, mantendo níveis mais elevados de qualidade que as amostras de controlo. Além disso, os alimentos revestidos apresentaram uma cor e brilho mais intenso. O sabor não foi afectado e o revestimento de quitosano foi eficaz na inibição do escurecimento enzimático ao longo do armazenamento. Os resultados deste estudo demonstram que o uso de quitosano como revestimento é uma alternativa viável para controlar os microrganismos presentes nos brócolos minimamente processados, melhorando a sua qualidade sensorial (Moreira *et al.*, 2011).

No entanto, estudos indicam que as propriedades funcionais dos filmes de quitosano podem ser melhoradas pela combinação deste com outros hidrocolóides (Xu *et al.*, 2005). Neste sentido, o quitosano foi combinado com metilcelulose, o que resulta na diminuição da transmissão de vapor de água (García *et al.*, 2004; Pinotti *et al.*, 2007). Além disso, a adição de materiais lipídicos, como ácidos gordos podem melhorar as suas propriedades de barreira de humidade (Amarante e Banks, 2001). O tempo de vida útil dos vegetais pode ser reduzido, em parte, devido ao processo de respiração do produto, *stress* fisiológico, deterioração microbiana, desenvolvimento de um sabor amargo devido à síntese de compostos fenólicos e, principalmente, devido ao aparecimento da cor esbranquiçada na superfície de corte (Barry-Ryan e O'Beirne, 1998). Este último aspecto é responsável pela percepção dos consumidores de uma falta de frescura. Vários autores atribuem este fenómeno à síntese de lenhina em resposta ao dano celular, em que a lenhina actua como uma barreira (Bolin e Huxsoll, 1991b; Howard e Griffin, 1993). Foi também demonstrado que o desenvolvimento da cor esbranquiçada deve-se à desidratação externa das células danificadas durante o processamento (Tatsumi *et al.*, 1991). Em cenouras descascadas, o uso de biofilmes, tais como caseinato de sódio e ácido esteárico, álcoois poli-hídricos e sal reduzem a brancura da superfície e aumentam a resistência à transmissão de vapor de água das amostras (Cisneros-Zevallos *et al.*, 1997). O tempo de vida útil de cenouras frescas também pode ser prorrogado por aplicação de um revestimento comestível emulsionado com base em curcuma, caseína, amido e pequenas quantidades de álcool polivinílico e polietilenoglicol (Jagannath *et al.*, 2006).

Um estudo de Tzoumaki *et al.* (2009) que avaliou o efeito dos biofilmes comestíveis em espargos concluiu que estes tiveram um impacto positivo sobre a qualidade de espargos por retardar a perda de humidade, reduzido o seu endurecimento, e por retardar o desenvolvimento da cor roxa. O revestimento à base de carboximetilcelulose parece reduzir o endurecimento na parte basal dos espargos armazenados e na síntese de antocianina. Todos os produtos foram armazenados a 4°C e os parâmetros de qualidade, tais como perda de peso, textura, aparência visual, lenhina e concentração de antocianinas e cor foram avaliados durante o seu armazenamento. A embalagem plástica teve uma influência importante na redução da perda de peso e por retardar o endurecimento. A combinação da embalagem e de revestimento comestível não parece oferecer qualquer vantagem adicional em espargos para além do facto de que o produto tinha um aspecto mais brilhante. Por outro lado, a aplicação de biofilmes comestíveis parece ser uma das abordagens mais inovadoras para prolongar o tempo de conservação de vegetais, agindo como uma barreira contra o transporte de gás e que mostra um efeito semelhante ao armazenamento sob atmosfera controlada. Os resultados reflectem uma provável capacidade do revestimento para actuar como uma barreira ao gás, modificação da atmosfera interna através do aumento dos níveis de dióxido de carbono e diminuição dos níveis de oxigénio. Entre todos os tratamentos examinados, a acção combinada do revestimento de carboximetilcelulose com embalagens de plástico foi a mais eficaz na preservação dos atributos de qualidade dos espargos (Tzoumaki *et al.*, 2009).

Viña *et al.* (2007) averiguou os efeitos do filme cloreto de polivinila (PVC) e biofilmes comestíveis nas couves de bruxelas refrigeradas, com o intuito de aumentar o seu tempo de conservação. Os biofilmes foram formulados utilizando glicerol, sorbitol ou óleo de girassol. No final do armazenamento, o escurecimento de algumas zonas, a perda de peso e firmeza foram minimizadas em couves embaladas em PVC, particularmente utilizando glicerol. Os teores de ácido ascórbico e de flavonoides mantiveram-se praticamente constantes, enquanto que a capacidade antioxidante aumentou após 42 dias de armazenamento. Assim, os tratamentos de PVC e PVC com glicerol mostraram o melhor desempenho para armazenamento a longo prazo de couves de bruxelas refrigeradas. Estas duas fórmulas permitem manter a qualidade de couves de bruxelas, atrasando a senescência, reduzindo a desidratação e a diminuindo o crescimento microbiano. O quadro 4.10 sintetiza as principais vantagens e desvantagens da utilização de biofilmes para conservação de vegetais.

Quadro 4.10: Vantagens e desvantagens da utilização biofilmes para conservação de vegetais
(Moreira *et al.*, 2011; Sonti, 2003; Viña *et al.*, 2007)

Vantagens	Desvantagens
Biodegradável e amigo do ambiente	Dificuldade de aceitação por parte do consumidor
Melhora a aparência dos alimentos, mantém cor/textura e Vitamina C	Biofilmes espessos podem dificultar as trocas gasosas / produção de sabores indesejáveis
Inibe a contaminação microbiana e o escurecimento enzimático	

Quadro 4.10 (continuação): Vantagens e desvantagens da utilização biofilmes para conservação de vegetais

Vantagens	Desvantagens
Reduz a difusão de gás e a perda de água	
Aumenta o tempo de conservação	

4.8. Conservação por modificação da atmosfera

O acondicionamento de produtos hortícolas em embalagens com atmosfera modificada (MAP) tem sido descrito como eficaz no controle das taxas respiratórias, clorofila e vitamina C (Kader, 1992; Weichman, 1987).

Os brócolos apresentam um curto período de vida útil, especialmente à temperatura ambiente, devido à imaturidade da textura no momento da colheita, e também devido a factores fisiológicos regulados por mecanismos genéticos. Várias alterações são observadas ao longo da sua senescência e alguns são facilmente observados, como o amarelecimento gerado pela degradação de clorofila, a abertura das inflorescências, a perda de turgescência, odores indesejáveis, a redução do valor nutritivo e aumento da actividade da peroxidase (Hansen *et al.*, 2001).

Foi observada uma diminuição dos níveis de vitamina C gradualmente ao longo do tempo, em brócolos armazenados em atmosfera modificada (Barth *et al.*, 1993; Leja *et al.*, 2001), mas por outro lado, foi observado também um aumento de vitamina C após 6 e 9 dias de armazenamento em atmosfera modificada. Este aumento ocorreu devido supostamente ao *stress* vegetal. A colheita, manipulação, corte e refrigeração podem incrementar condições de *stress*, e a planta aumenta a síntese de ácido ascórbico como um mecanismo de protecção (Rozec *et al.*, 1994). A perda de humidade explica as perdas de vitamina C. O efeito de mudança de atmosfera que ocorreu no interior da embalagem possivelmente promoveu a retenção de vitamina C em função do aumento de CO₂ e a redução de O₂ (Barth e Zhuang, 1996).

Os resultados demonstraram que o MAP é uma técnica eficaz, especialmente para a conservação de brócolos, uma vez que permite a manutenção da turgidez e peso, e retenção de vitamina C, embora a eficiência desta técnica na manutenção da cor não tenha sido verificada. Constatou-se que a quantidade de produto afecta a qualidade dos brócolos embalados. Quantidades mais elevadas de produto e um menor espaço vazio na embalagem mostraram o pior desempenho na retenção de vitamina C e aroma (Barth e Zhuang, 1996; Lamikanra, 2002).

Foi realizado um estudo em que foram embalados brócolos em sacos de polietileno sem furos, dois microfuros, e quatro microfuros e, em seguida armazenadas a 4 ou 20°C. Os resultados mostraram que a embalagem em atmosfera modificada, sem furos ou com 2 microfuros prolongou a vida útil do alimento e reduziu a deterioração pós-colheita de brócolos armazenados a 4 e 20°C. Todos os três tipos de embalamento em atmosfera modificada reduziram as taxas de concentração de hidrocarbonetos alifáticos, e glicosinolatos quando comparados aos do controlo, sendo o embalamento sem furos o mais significativo, seguido por 2 microfuros e 4 microfuros durante 23 dias

de armazenamento a 4°C ou 5 dias de armazenamento a 20°C. Brócolos embalados em atmosfera modificada sem microfuros mantiveram a qualidade visual e conteúdo de glicosinolatos após 13 dias a 4 °C e 3 dias a 20 °C. Assim, brócolos em filme de polietileno sem microfuros é um método simples, económico e eficaz para manter a qualidade visual e o conteúdo em glicosinolatos (Jia *et al*, 2009).

Um estudo acerca do peso e alterações organolépticas entre brócolos conservados e brócolos naturais mostraram uma forte diferença entre as amostras conservadas em atmosfera modificada e naturais. Os brócolos naturais não possuíam qualquer tipo de odor, enquanto que nos conservados em atmosfera modificada foi observado o desenvolvimento de odores indesejáveis, em parte devido às condições de temperatura, que proporciona a síntese de componentes sulfurosos, o que também alterou o equilíbrio O_2/CO_2 ideal da atmosfera da embalagem. Nos brócolos naturais, os odores dispersaram-se e não se acumularam como nos brócolos conservados em atmosfera modificada (Toivonen, 1997). A presença de compostos voláteis geralmente relacionados a odores indesejáveis (dois isocianatos e um sulfureto) foram também identificados em alface e cenouras armazenadas em atmosfera modificada (Gutierrez *et al.*, 2009). Em repolhos minimamente processados, concentrações de CO_2 de 13% e de O_2 iguais a 2% induziram o aparecimento de odores desagradáveis, após 9 a 10 dias de armazenamento a 3°C e 70 a 80% de humidade relativa (Pirovani *et al.*, 1997).

Seljasen *et al.* (2004) sugeriram que a embalagem e temperatura de armazenamento têm uma grande influência sobre a qualidade sensorial de cenouras. O material da embalagem deve fornecer ventilação suficiente e as cenouras devem ser mantidas em condições refrigeradas durante toda a cadeia de distribuição para manter a qualidade do produto (Seljasen *et al.*, 2004). Os principais problemas que limitam o tempo de vida útil das cenouras minimamente processadas foram relatados como descoloração e deterioração microbiana (Emmambux e Minnaar, 2003). Emmambux e Minnaar (2003) relataram que uma embalagem com película polimérica mantém uma elevada humidade relativa com uma barreira de humidade, o que poderá ser considerado de forma a prevenir a descoloração, que é o factor mais importante do tempo de vida útil de cenouras minimamente processadas. Embora se afirme que a aplicação de baixas concentrações de oxigénio (1%), causa escurecimento da superfície devido à oxidação de compostos fenólicos, não foi observado qualquer escurecimento durante 21 dias de armazenamento (Emmambux e Minnaar, 2003). Amanatidou *et al.* (2000) também relataram que a imersão em solução de ácido cítrico impede a descoloração da cenoura. No seu estudo, verificaram que a cenoura mergulhada em ácido cítrico, revestida com alginato de sódio, e embalado sob condições de 50% de O_2 e 30% de CO_2 ou 1% de O_2 e 10 % de CO_2 não têm qualquer mudança de cor até ao 12º dia de armazenamento. No entanto, foi observado um aumento significativo da descoloração no dia 12 em comparação com dia 0 em condições de embalagem em atmosfera modificada com concentrações de oxigénio elevado (80% a 90% O_2). Amanatidou *et al.* (2000) relataram que as cenouras empacotadas em embalagens com altas concentrações de oxigénio eram mais moles. O amolecimento das cenouras foi atribuído ao crescimento de *pseudomonas* pectinolíticas (Amanatidou *et al.*, 2000). No entanto, Klaiber *et al.*, (2005) observaram um aumento na firmeza das cenouras minimamente processadas durante 9 dias de armazenamento resultante da desidratação e o início da lenhificação durante o armazenamento.

Diversos estudos sugeriram 4 a 5 dias de tempo de vida útil para cenouras minimamente processadas (Amanatidou *et al.*, 2000; Barry-Ryan *et al.*, 2000; Barry-Ryan e O'Beirne, 2000). No entanto, outro estudo acerca do tempo de vida útil de cenouras minimamente processadas sugeriu 7 dias com altas concentrações de oxigénio. Por outro lado, o tempo de vida útil foi limitado a 2 dias em atmosfera com baixo teor de oxigénio (Ayhan *et al.*, 2008).

Outro estudo relativamente a cenouras *baby*, concluiu que atmosferas com 2kPa O₂ + 15kPa de CO₂ reduzem a taxa respiratória e aumentam o seu tempo de vida útil por 8 dias a 4°C, quando comprado com o armazenamento ao ar, baseado no aroma, perda de cor e aparência e ainda preserva o teor de vitamina C e carotenóides (Simões *et al.*, 2011).

Concentrações de CO₂ superiores a 30% ou de O₂ menores que 2% induziram a deterioração de cenouras raladas devido ao crescimento de bactérias lácticas enquanto níveis de 15 a 20% CO₂ e de 5% de O₂ promoveram uma conservação satisfatória do alimento (Carlin *et al.*, 1990).

Em espargos, a temperatura de armazenamento foi o factor mais importante para manter a frescura deste vegetal. Aliando a temperatura à atmosfera modificada, previne-se uma desidratação excessiva. Uma atmosfera de 7% CO₂ e 15% O₂ a 5°C, não prejudica as qualidades sensoriais dos espargos, mantém os seus níveis de acidez (melhor do que 2% CO₂ e 20% O₂) e inibe a sua contaminação microbiológica. Se estes forem armazenados a 5°C, têm um tempo de vida útil de cerca de 14 dias. Se forem armazenados a 10°C perdem a sua frescura ao 6º dia, pelo aparecimento de manchas escuras (Simón e Gonzalez-Fandos, 2011).

O quadro 4.11 apresenta uma síntese das principais vantagens e desvantagens da conservação dos vegetais por modificação da atmosfera.

Quadro 4.11: Vantagens e desvantagens da conservação em atmosfera modificada (Almeida, 2005; Beaudry e Mir, 1999. Gorris e Peppelenbos, 1992, Oliveira *et al.*, 1998).
Sarantópoulos, 1997)

Vantagens	Desvantagens
Aumenta o tempo de vida útil do vegetal pela diminuição da taxa respiratória (até 21 dias)	Condensação de humidade na superfície da película interna, conduzindo a condições óptimas para o crescimento microbiano
Reduz a exposição do vegetal a agentes patogénicos	Possibilidade de ocorrência de distúrbios fisiológicos devido à baixa concentração de O ₂ e elevada de CO ₂
Retarda o amadurecimento e alterações organolépticas e de textura advindas do processo de amadurecimento	Possibilidade de produção de odores desagradáveis
Simple e económico	Possibilidade de aparecimento de manchas
Diminuição da perda de volume dos vegetais, previne a desidratação	Possibilidade de crescimento de bactérias lácticas se a atmosfera não é a mais correcta
Permite uma colheita num estado mais avançado de maturação	

Quadro 4.11 (continuação): Vantagens e desvantagens da conservação em atmosfera modificada

Vantagens	Desvantagens
Mantém a qualidade nutricional, não havendo perdas de vitamina C	

4.9. Congelação

Os produtos congelados podem perder alguns nutrientes inicialmente devido ao curto tempo de aquecimento, designado por branqueamento, mas podem também perder nutrientes durante o armazenamento devido à oxidação (Rickman *et al.*, 2007).

Durante o branqueamento há perdas de algumas vitaminas hidrossolúveis para a água, nomeadamente tiamina, niacina e riboflavina, e por isso se a água for utilizada para consumo não há qualquer perda nutricional. A vitamina E e A, e carotenóides, são lipossolúveis, e são menos afectados do que as hidrossolúveis (Rickman *et al.*, 2007).

Feijão-verde e brócolos, foram utilizados para determinar os níveis de vitamina C quando congelados e armazenados de forma caseira. Os vegetais foram congelados durante 6 meses para avaliar os efeitos de armazenamento. Os 6 meses de armazenamento resultaram numa perda de 42,4% no feijão-verde e 66,5% nos brócolos, em vitamina C (Tosun e Yücecan, 2007). Efectivamente, a vitamina C degrada-se rapidamente após a colheita, e dependendo do produto, cerca de 77% do nutriente pode ser perdido em 7 dias de armazenamento a 4°C (Rickman *et al.*, 2007). Uma vez que este nutriente é também solúvel em água, 20-60% é perdido na etapa de branqueamento antes da congelação, mas por vezes adiciona-se ácido ascórbico para evitar o escurecimento, por isso o nível de vitamina C pode ser maior no produto congelado do que no alimento fresco (Rickman *et al.*, 2007). O Quadro 4.12 apresenta as perdas de Vitamina C no branqueamento de alguns vegetais.

Os nutrientes solúveis em gordura, nomeadamente a vitamina A, E, e carotenóides (incluindo licopeno) são sensíveis ao calor, luz, oxigénio, e uma vez que estes nutrientes são solúveis em gordura, pouco se perde no branqueamento que antecede a congelação (Rickman *et al.*, 2007).

Relativamente à fibra, a maioria dos estudos não relataram mudanças significativas em vegetais congelados (Rickman *et al.*, 2007).

Quadro 4.12: Perdas de vitamina C durante o branqueamento de vegetais (Davidek *et al.*, 1990)

Vegetais	Método de branqueamento	Tempo de branqueamento (min)	Perdas no branqueamento (%)
Espinafres	Água quente	1	35-50
Ervilhas	Água quente	-	18-25
Couve-flor	Água quente	4	25
	Vapor	4.5	19

Quadro 4.12 (continuação): Perdas de vitamina C durante o branqueamento de vegetais

Vegetais	Método de branqueamento	Tempo de branqueamento (min)	Perdas no branqueamento (%)
Brócolos	Água quente	4	43
	Vapor	5	21
Espargos	Água quente	3	15
	Vapor	4	15

O quadro 4.13 mostra as perdas nutricionais para alguns produtos hortícolas, pelo processo de congelação.

Quadro 4.13: Perdas nutricionais e outras alterações para alguns produtos hortícolas no processo de congelação

Produto hortícola	Perdas nutricionais	Referência bibliográfica
Abóbora	29% vitamina C (branqueamento + congelamento)	Gonçalves <i>et al.</i> , 2011
Brócolos	Aumento dos níveis de nitrato (cocção antes da congelação diminui os níveis de nitrato entre 22 e 79%)	Huarte- Mendicoa, <i>et al.</i> , 1997
Brócolos	71% Vitamina C, 43% polifenóis, 14% carotenóides, 29% beta-caroteno, 70% actividade antioxidante (12 meses)	Gębczyński, e Lisiewska, 2006
Brócolos	19/28% polifenóis (branqueamento + congelamento/cozimento + congelamento). 23/40% actividade antioxidante (branqueamento/cozedura). 3/7% carotenóides e 20/15% beta caroteno (branqueamento + congelamento/cozimento + congelamento).	Ismail <i>et al.</i> , 2004; Sá da e Rodriguez Amaya, 2004
Brócolos	33% oxalatos totais/41% oxalatos solúveis (branqueamento + congelamento)	Korus <i>et al.</i> , 2011
Cenouras	53% vitamina C (congelamento); 7% vitamina C (branqueamento + congelamento)	Patras <i>et al.</i> , 2011
Couve	75-80% fenóis totais/75-78% flavonóides (branqueamento +congelação). 74-82% capacidade antioxidante.	Jaiswal <i>et al.</i> , 2012
Couve-de-bruxelas	30% oxalatos totais e 51% oxalatos solúveis (branqueamento + congelamento)	Korus <i>et al.</i> , 2011
Couve-flor	15% oxalatos totais e 55% oxalatos solúveis (branqueamento + congelamento)	Korus <i>et al.</i> , 2011
Couve-flor	10-21% fenóis totais (branqueamento). A posterior congelação não menores perdas de fenóis.	Volden <i>et al.</i> , 2009

Quadro 4.13 (continuação): Perdas nutricionais e outras alterações para alguns produtos hortícolas no processo de congelação

Produto hortícola	Perdas nutricionais	Referência bibliográfica
Couve-flor	67% vitamina C; 15% carotenóides (12 meses)	Gębczyński e Kmiecik, 2007
Feijão-verde	70-82% tiamina e 48-68% riboflavina (branqueamento + congelamento); 57-78% tiamina e 39-69% riboflavina (cozimento + congelamento)	Slupski, 2012
Feijão-verde	40/43% vitamina C (branqueamento/branqueamento + congelamento)	Bahçeci <i>et al.</i> , 2005; Jaworska <i>et al.</i> , 2008

A análise dos resultados apresentados no Quadro 4.13, indicam que as maiores perdas nutricionais em hortícolas, devido à congelação, são a vitamina C e outras vitaminas como a tiamina e riboflavina, compostos que conferem actividade antioxidante, como os compostos fenólicos, e oxalatos.

Verifica-se também que a escolha do método de pré-tratamento antes da congelação também pode afectar as perdas nutricionais. O cozimento comparativamente com o branqueamento antes da congelação origina maiores perdas de vitamina C, polifenóis, carotenóides e capacidade antioxidante em brócolos (Gębczyński, 2003). Por oposição, o cozimento de feijão-verde antes da congelação origina menores perdas de tiamina do que o branqueamento (Slupski, 2012). O cozimento+congelação de couve-flor origina menos perdas nutricionais do que o branqueamento+congelação (Gębczyński e Kmiecik, 2007).

Verifica-se também que pode haver mais perdas de nutrientes no pré-tratamento do que na congelação. A maior perda de fenóis totais em couve-flor (Volden *et al.*, 2009), de fenóis totais e flavonóides na couve (Jaiswal *et al.*, 2012) e de vitamina C no feijão-verde (Bahçeci *et al.*, 2005; Jaworska *et al.*, 2008) é verificada no branqueamento. Mas em cenouras (Patras *et al.*, 2011), o branqueamento impede que as perdas de vitamina C sejam tão significativas (quadro 4.13) e o cozimento que antecede a congelação diminuiu os níveis de nitrato (entre 22 e 79%) em bróculos (Huarte-Mendicoa e Bello, 1997).

O método de congelação também pode condicionar as perdas de nutrientes. O congelamento rápido permite obter um produto com melhor qualidade, traduzindo-se numa menor perda de nutrientes e menor alteração de cor, sabor e textura do que o congelamento lento (Silva, 2000), mas neste método as células microbianas sobrevivem melhor, o que é apontado como uma desvantagem (Jay *et al.*, 2005).

O tempo de conservação no frio também afecta a qualidade nutricional dos vegetais. De acordo com Gębczyński (2003) à medida que aumenta o tempo de congelação, maiores são as perdas de vitamina C, polifenóis, carotenóides, beta caroteno e actividade antioxidante. Volden *et al.* (2009), também referem a redução de vitamina C, fenóis totais e actividade antioxidante ao longo de 12

meses de congelamento. A perda de vitamina C na couve-flor após 12 meses de conservação, passa de 34 para 67% (quadro 4.14).

Quanto à temperatura de conservação, podemos constatar que regra geral, existem mais perdas nutricionais a -20°C do que a -30°C. Após análise do quadro 4.14 verifica-se que por exemplo a perda de vitamina C na couve-flor a -20°C é de 67% enquanto que a -30°C é apenas de 46%, após 12 meses de conservação.

Quadro 4.14: Perdas em percentagens de alguns nutrientes a -20 e -30°C em vegetais recentemente congelados e após 12 meses de congelação (Gębczyński e Kmiecik, 2007; Gębczyński e Lisiewska, 2006)

	Perdas (%)				
	Vitamina C	Polifenóis	Carotenoides	Beta caroteno	Actividade antioxidante
BRÓCOLOS recentemente congelados					
-20°C	44	31	Não há perda significativa	15	48
-30°C	46	29		14	46
Após 12 meses					
-20°C	71	43	14	29	70
-30°C	68	39	9	24	65
COUVE-FLOR recentemente congelada					
-20°C	34		0		
-30°C	35		0		
Após 12 meses					
-20°C	67		15		
-30°C	46		0		

O quadro 4.15 mostra as alterações observadas para alguns produtos hortícolas, a nível organoléptico e de textura, pelo processo de congelação. As alterações que se verificam com maior frequência são a nível de cor e textura e perda de firmeza.

O quadro 4.16 apresenta as principais vantagens e desvantagens da conservação de vegetais por congelação.

Quadro 4.15: Alterações organolépticas e de textura em alguns produtos hortícolas congelados

Produto hortícola	Alterações organolépticas e de textura	Referência bibliográfica
Abóbora	Amolecimento dos tecidos; perda de 72% de firmeza após branqueamento + congelação; escurecimento devido ao branqueamento	Gonçalves <i>et al.</i> , 2011
Brócolos	Perda de intensidade de cor de cerca de 20% após branqueamento + congelamento e 20% em congelamento sem branqueamento	Patras <i>et al.</i> , 2011

Quadro 4.15 (continuação): Alterações organolépticas e de textura em alguns produtos hortícolas congelados

Produto hortícola	Alterações organolépticas e de textura	Referência bibliográfica
Brócolos	A cor e textura foram melhor conservadas a -30°C do que a -20°C	Gębczyński e Kmiecik, 2007
Cenoura	Perda de metade da firmeza	Redmond <i>et al.</i> , 2004
Couve	Perda de cor e firmeza	Jaiswal <i>et al.</i> , 2012
Couve-de-bruxelas	Perda de firmeza (principalmente devido ao branqueamento que antecede a congelação); coloração verde mais intensa.	Olivera <i>et al.</i> , 2008
Couve flor	Alterações de cor devido ao branqueamento que antecede a congelação	Volden <i>et al.</i> , 2009
Feijão verde	Perda de intensidade de cor de cerca de 13% após branqueamento + congelamento e 31% em congelamento sem branqueamento	Patras <i>et al.</i> , 2011

Quadro 4.16: Vantagens e desvantagens da conservação por congelação (Hagiwara *et al.*, 2002; Harrison e Andress, 2010; Nielsen *et al.*, 2003; Patras *et al.*, 2011; Serpen *et al.*, 2007; Silva, 2000a; Slupski, 2012; Van Buggenhout *et al.*, 2006; Volden *et al.*, 2009)

Vantagens	Desvantagens
	Recristalização do gelo
Permite longos períodos de conservação (Entre 12 e 18 meses), fazendo com que o consumidor possa consumir o produto vegetal em qualquer altura do ano	Odores e sabores desagradáveis, principalmente se o vegetal não for branqueado

Quadro 4.16 (continuação): Vantagens e desvantagens da conservação por congelação

Vantagens	Desvantagens
O congelamento rápido é considerado um tratamento de grande importância e eficácia, para manter a qualidade das hortaliças, aumentando o seu tempo de conservação. Neste caso, a formação de cristais de gelo é diminuta.	Alterações de estrutura e integridade dos tecidos da planta (ruptura mecânica da parede celular promovido por alterações no número, tamanho e formação de cristais de gelo) fazendo com que no momento da descongelação os nutrientes sejam escoados com a água e haja perda de suculência e perda nutricional. Isto acontece principalmente no congelamento lento.
Método muito eficaz para manter a qualidade dos vegetais, principalmente o congelamento rápido.	Apenas diminui a velocidade das reacções enzimáticas, da senescência e o crescimento microbiano, não cessa totalmente estes processos
	Degradação da cor, sabor e textura (principalmente no congelamento lento)
	Processos oxidativos (principalmente no congelamento lento)
	Perdas nutricionais (principalmente no congelamento lento), sobretudo de vitamina C. Redução da capacidade antioxidante

4.10. Refrigeração

A refrigeração de produtos hortícolas pode resultar em perdas nutricionais ou ganhos (quadro 4.17) assim como em alterações organolépticas e de textura (quadro 4.19), as quais podem ser minoradas com recurso a algumas alterações de processo. Estudos indicam um aumento de 10% em β -caroteno para cenouras refrigeradas por 14 dias. Por outro lado, foi verificada uma perda média de 10% de β -caroteno em feijão-verde refrigerado por 16 dias (Rickman *et al.*, 2007). Após a colheita de espargos, a refrigeração com ar forçado ou água gelada, deve ser feita no máximo em até quatro horas, reduzindo-se rapidamente a temperatura até 1°C, evitando assim as perdas de peso e o murchamento (Lallu *et al.*, 2000). A armazenagem sob refrigeração impede a degradação da clorofila, tendo-se observado uma boa retenção de cor dos brócolos (Page *et al.*, 2001).

Quadro 4.17: Perdas nutricionais e outras alterações para alguns produtos hortícolas no processo de refrigeração

Produto hortícola	Perdas nutricionais	Referência bibliográfica
Alface	3% actividade antioxidante após 7 dias a 4°C	Murcia <i>et al.</i> , 2009
Brócolos	3% actividade antioxidante após 7 dias a 4°C	Murcia <i>et al.</i> , 2009

Quadro 4.17 (continuação): Perdas nutricionais e outras alterações para alguns produtos hortícolas no processo de refrigeração

Produto hortícola	Perdas nutricionais	Referência bibliográfica
Brócolos	Perda diária de 1,36% a 1,43% de vitamina C a 4°C	Spinola <i>et al.</i> , 2012
Cenoura	6% actividade antioxidante após 7 dias a 4°C	Murcia <i>et al.</i> , 2009
Couve	17% de beta-caroteno a 10°C	Paull, 1999
Couve de bruxelas	3% actividade antioxidante após 7 dias a 4°C	Murcia <i>et al.</i> , 2009
Couve flor	4% actividade antioxidante após 7 dias a 4°C	Murcia <i>et al.</i> , 2009
Espargos	8% actividade antioxidante após 7 dias a 4°C	Murcia <i>et al.</i> , 2009
Espinafre	Diminuição da capacidade antioxidante	Gil, Ferreres e Tomas-Barberan, 1999
Espinafre	4% actividade antioxidante após 7 dias a 4°C	Murcia <i>et al.</i> , 2009
Espinafre	40% de beta-caroteno após 3 dias a 4°C	Bunea <i>et al.</i> , 2008
Espinafre	8% de compostos fenólicos após 1 dia a 4°C e 11% 3 dias a 4°C	Bunea <i>et al.</i> , 2008
Pepino	24% actividade antioxidante após 7 dias a 4°C	Murcia <i>et al.</i> , 2009
Tomate	Após 9 dias a 10°C: menor teor de açúcares redutores e sólidos solúveis totais do que inicialmente	León-Sánchez <i>et al.</i> , 2009

A análise dos resultados apresentados no Quadro 4.17, indicam que as maiores perdas nutricionais em hortícolas, devido à refrigeração é principalmente a nível de vitamina C (em brócolos) e beta-caroteno (em couve e espinafres). Além disso, há uma diminuição da capacidade antioxidante em quase todos os vegetais analisados. No quadro 4.18 é apresentada uma análise de percentagens de ganhos e perdas em algumas vitaminas na alface e no espinafre após 10 dias a 4°C. Verifica-se que há um ganho em vitamina B1, B5 e B6 tanto para a alface como para o espinafre. No caso do beta-caroteno, aumenta no espinafre mas diminui para cerca de metade na alface. Os níveis de vitamina C mantêm-se iguais na alface fresca e na alface refrigerada, tal como a vitamina B9 no espinafre, mas no espinafre houve perdas de 88% em vitamina C. A alface teve ganhos em vitamina B2 durante a refrigeração, ao contrário do espinafre. De forma inversa, a alface teve perdas de cerca de 40% em vitamina B3 na refrigeração, enquanto que o espinafre teve ganhos nesta vitamina, assim como em vitamina E.

Quadro 4.18: Ganhos e perdas em percentagens de alguns nutrientes após 10 dias a 4°C em vegetais refrigerados (Santos *et al.*, 2012) (n.d.: não definido)

	Ganhos e Perdas (%) após 10 dias a 4°C								
	Vit. C	Vit. B1	Vit. B2	Vit. B3	Vit. B5	Vit. B6	Vit. B9	Vit. E	Beta-caroteno
Alface	-	+2	+7	-39	+46	+33	n.d	n.d	-53
Espinafre	-88	+15	-13	+7	+49	+38	-	+24	+19

Os vegetais minimamente processados, que permanecem com uma textura crocante, firmes e com cor atractiva são altamente desejáveis pois os consumidores associam essas características com frescura e salubridade (Bourne, 2002; Fillion e Kilcast, 2002; Szczesniak, 1998). Com efeito, o aparecimento de um produto macio ou flácido pode dar origem a rejeição do consumidor antes do consumo. Analisando o quadro 4.19, que demonstra as alterações observadas para alguns produtos hortícolas, a nível organoléptico e de textura, pelo processo de refrigeração, verifica-se que as alterações que se verificam com maior frequência são a nível de cor, textura e perda de firmeza. Também foram observadas alterações de aroma no tomate a 10°C. Estas alterações podem aumentar com a temperatura (maiores a 7°C do que a 4°C) e com o tempo de armazenamento (maiores após 10 dias comparativamente a 7 dias), tal como verificado para os brócolos (quadro 4.19). Podemos também constatar pelo quadro 4.19 que os tempos de arrefecimento a vácuo são significativamente mais curtos do que por métodos convencionais (Zhang e Sun, 2006), o que, a par do observado nos métodos de congelação, pode conduzir a maiores alterações.

Quadro 4.19: Alterações organolépticas e de textura em alguns produtos hortícolas refrigerados

Produto hortícola	Alterações organolépticas e de textura	Referência bibliográfica
Alface	Escurecimento	Bolin e Huxoll, 1991a; Saltveit e Loaiza-Velarde, 2000
Alface	Alterações na textura (perda da textura original no máximo até 10 dias)	Toole <i>et al.</i> , 2000
Brócolos	Maiores alterações na cor, textura e odor a 7°C comparativamente a 4°C. Estas alterações são também maiores após 10 dias de armazenamento comparativamente a 7 dias	Zhan <i>et al.</i> , 2012
Brócolos	Perda de firmeza a temperatura superior a 5°C	Paull, 1999
Brócolos	2% do seu peso através da refrigeração a vácuo durante 12 minutos; 7% do seu peso em câmara de frio durante 212 minutos	Zhang e Sun, 2006
Cenoura	Descoloração	Howard e Dewi, 1996
Cenoura	8% do seu peso através da refrigeração a vácuo durante 8 minutos; 7% do seu peso em câmara de frio durante 197 minutos	Zhang e Sun, 2006
Espargos	Lenhificação do produto se a temperatura for superior ao recomendado	Paull, 1999
Tomate	Após 20 dias a 10°C há uma perda de firmeza comparativamente ao início do armazenamento	León-Sánchez <i>et al.</i> , 2009

Quadro 4.19 (continuação): Alterações organolépticas e de textura em alguns produtos hortícolas refrigerados

Produto hortícola	Alterações organolépticas e de textura	Referência bibliográfica
Tomate	Após 9 dias a 10°C: Aumento dos compostos voláteis (3-Metilbutanal; Trans-2-hexenal; hexanal; trans-2-hexenol)	León-Sánchez <i>et al.</i> , 2009
Tomate	Alterações no aroma a partir de 6 dias a 10°C.	León-Sánchez <i>et al.</i> , 2009

Os vegetais minimamente processados são submetidos a operações simples (corte ou trituração), com o objectivo de preservar a sua frescura, qualidade nutricional e propriedades sensoriais. Pela sua conveniência e praticidade têm sido cada vez mais utilizados por parte do consumidor. No entanto estes alimentos estão mais susceptíveis à contaminação microbiológica, devido à presença de superfícies de corte e teor de humidade elevada (Nguyen-o e Carlin, 1994). Este tipo de vegetais processados podem ser veículos importantes de *Salmonella spp* e a sua prevalência em vegetais frescos pode atingir os 35% (Sant'Ana *et al.*, 2011). Assim, os microrganismos possuem um impacto enorme nos vegetais minimamente processados, mesmo refrigerados, diminuindo o seu tempo de conservação devido à sua deterioração, e por constituir um risco para a saúde pública, causando doenças transmitidas por alimentos (Nguyen-o & Carlin, 1994).

Um aspecto fundamental a melhorar no armazenamento refrigerado é criar condições ideais para a refrigeração de cada produto hortícola. Muitas vezes há uma quebra de temperatura na altura do manuseio do vegetal, levando a uma diminuição do tempo de conservação do vegetal, bem como a perdas de qualidade (Paull, 1999).

O quadro 4.20 apresenta as principais vantagens e desvantagens da conservação de vegetais por refrigeração.

Quadro 4.20: Vantagens e desvantagens da conservação por refrigeração (Fontes e Lopes, 1995; Paull, 1999; Wilson *et al.*, 1999)

Vantagens	Desvantagens
Torna possível que os hortícolas permaneçam adequados para consumo durante mais tempo	Raramente existem condições para armazenar cada produto hortícola nas suas condições ideais
Reduz a produção de etileno	Perda de firmeza, alterações de textura e alterações de aroma, principalmente após 7 dias a 10°C em alguns vegetais
	Apenas reduz a velocidade das reacções químicas, a perda de água e o crescimento microbiano, não cessa totalmente estes processos

5. Discussão/Conclusão

Os vegetais podem ser submetidos a alguns tipos de métodos de conservação, que objectivam agregar valor ao produto final, aumentar o tempo de vida útil, bem como garantir o aproveitamento de partes do vegetal que não seriam utilizadas para consumo directo em cru, mas que possuem bons atributos de qualidade. Os métodos de conservação utilizados em hortícolas têm ainda muitas vezes a função de tornar os alimentos mais atraentes ao paladar e à visão, para além de garantir a segurança alimentar e tentando, ao mesmo tempo, manter as suas propriedades, nutricionais, organolépticas e de textura. No entanto, podem também induzir mudanças e interações entre os constituintes de alimentos. Há ainda a questão da sazonalidade associada a estes alimentos. Para manter a comercialização contínua ao longo do ano, é necessário criar as condições ideais para garantir a manutenção da qualidade do produto a longo prazo com uma perda de qualidade mínima.

O processamento e métodos de conservação podem dar resposta a estas questões. Obtêm-se novas formas, ou mais utilizáveis pelo consumidor, e os alimentos mais convenientes para preparar de preferência com perdas mínimas das suas características. No entanto, dependendo do método realizado, podem resultar alterações na cor, textura, sabor e valor nutricional, mais ou menos intensas.

As características morfológicas, anatómicas, fisiológicas e a sua composição química, tornam a maior parte dos hortícolas produtos muito perecíveis. Muitos produtos deste grupo são frequentemente consumidos crus, pelo que a segurança alimentar tem de ser assegurada através de medidas preventivas, durante a produção e subsequente manuseamento pós-colheita.

A qualidade dos produtos hortícolas sofre alterações durante o período pós-colheita. O sistema de manuseamento deve ter em conta as principais causas da depreciação da qualidade e de redução da longevidade pós-colheita de diferentes tipos de produtos, de forma a actuar prioritariamente sobre os factores decisivos.

Os produtos hortícolas são geralmente produtos sãos, sendo por isso responsáveis por uma reduzida percentagem das intoxicações alimentares declaradas, sobretudo porque há a prática comum de os lavar e até desinfectar antes da utilização. Além do mais, em grande parte dos casos, o desenvolvimento de podridões conduz ao fim da sua vida pós-colheita e os produtos alterados não são geralmente consumidos. A responsabilidade, a todos os níveis da actividade agrícola (exploração, central hortofrutícola, centro de distribuição, operações de transporte) é importante para a implementação de um programa de segurança alimentar bem sucedido. É necessário que o pessoal seja qualificado e que haja monitorização efectiva para assegurar que todos os elementos do programa funcionam correctamente e de forma a ajudar a rastrear o produto através da cadeia de abastecimento até ao produtor.

Relativamente aos métodos de conservação estudados, podemos constatar, no que diz respeito ao tempo de conservação, que os processos de secagem, fermentação, enlatamento, congelação e radiação ionizante, são os métodos que permitem que os vegetais sejam conservados por períodos longos, em alguns casos, superiores a 12 meses. Pelo contrário, a refrigeração, HPP, conservação por modificação da atmosfera, e a utilização de biofilmes, permitem a conservação dos vegetais

apenas por alguns dias, no máximo 42 dias (biofilmes e dependendo dos produtos), havendo no entanto um alargamento do tempo de vida útil do produto face ao produto fresco.

As técnicas de conservação que permitem um maior aumento do tempo de vida útil do produto são também as que mais alterações a nível nutricional, organoléptico e de textura provocam. As perdas de vitamina C observadas em processos de secagem, enlatamento, congelamento ou aplicação de irradiação, são as mais referidas na literatura. Na refrigeração também se verifica a perda desta vitamina, e esta é susceptível à aplicação de HPP. Mas a aplicação de biofilmes ou a utilização de atmosfera modificada permite a manutenção dos teores de vitamina C, assim como os processos de fermentação. A conservação pelo calor apresenta ainda perdas de vitaminas hidrossolúveis. Os processos de refrigeração e congelamento assim como o enlatamento dos produtos hortícolas resultam na diminuição da sua capacidade antioxidante.

Todos os processos de conservação permitem a diminuição da carga microbiana ou a redução da sua actividade, contribuindo para o alargamento do tempo de vida útil dos produtos hortícolas. No processo de enlatamento, há o perigo dos esporos permanecerem no produto enlatado e na conservação em atmosfera modificada, há a possibilidade de crescimento de bactérias lácticas quando a atmosfera não é a mais correcta.

No que diz respeito a alterações de textura, as que mais se verificaram foi perda de firmeza, amolecimento ou produto mais duro, no seguimento dos processos que aumentam significativamente o tempo de vida útil dos produtos: secagem, fermentação, enlatamento ou congelamento. Na refrigeração também se verificam alterações texturais significativas. Nos processos de secagem e congelamento, o produto sofre alterações na cor (escurecimento/ descoloração), assim como no sabor e aroma. A fermentação é um processo que também altera de forma muito significativa o sabor e aroma dos produtos hortícolas. A refrigeração e o acondicionamento em atmosfera modificada retardam as alterações de cor nos produtos hortícolas, por atrasarem o seu amadurecimento. Estes dois processos conduzem igualmente a alterações no sabor e aroma dos produtos hortícolas, estando o acondicionamento em atmosfera modificada associado a odores desagradáveis. A utilização de biofilmes melhora a aparência dos produtos mas pode alterar o sabor de uma forma significativa, o que condiciona a sua aceitação pelo consumidor.

Processos como a aplicação de radiação ionizante modificam de forma muito pouco significativa as características dos produtos hortícolas, mas a sua aceitação pelo consumidor é ainda uma barreira à sua utilização. Por outro lado, a aplicação de processamento a altas pressões apresenta-se como uma tecnologia prometedora porque também permite a manutenção das características dos produtos hortícolas, paralelamente à garantia da segurança dos produtos (do ponto de vista microbiológico). No entanto, o elevado custo de investimento é também um entrave à sua utilização.

Com a realização desta revisão bibliográfica pode-se ainda concluir que os métodos de conservação de vegetais que permitem um maior tempo de conservação são aqueles em que há uma maior perda a nível nutricional e organoléptico.

Os produtos hortícolas são também muito diferenciados e a mesma técnica de conservação pode ter diferentes resultados consoante o produto a conservar. É portanto, essencial, ter em conta esta variabilidade na definição de um projecto de conservação. Os estudos que se têm realizado para

aferir a qualidade dos produtos submetidos a diversas técnicas de conservação têm também permitido o desenvolvimento e o melhoramento de técnicas que contribuem para reduzir as diferenças entre as características do produto fresco e do produto conservado, salvaguardando a questão da segurança alimentar.

Em suma, para cada tipo de alimento, deve ser aplicado o tratamento que melhor o conserve, no sentido de não alterar significativamente a sua qualidade, tanto a nível organoléptico como nutricional, nem permitir a proliferação de microrganismos. Podem ser utilizados vários métodos de conservação no mesmo alimento, em sequência, de forma a aumentar a vida útil do alimento. Por exemplo, a aplicação de um tratamento térmico antes da aplicação da radiação ionizante, permite a inativação das enzimas que contribuem para a deterioração do alimento, o que não acontece quando é apenas aplicada a radiação ionizante, em que as enzimas continuam a exercer a sua actividade e que é a principal desvantagem deste método de conservação. Se complementarmos a utilização de radiação ionizante com a conservação por modificação da atmosfera, vamos ter a possibilidade de utilizar radiações mais baixas, e manter a qualidade organoléptica e nutricional do produto hortícola. Se conjugarmos o HPP com o tratamento térmico, verifica-se uma menor perda da cor do vegetal e se conjugarmos o HPP com a secagem há uma menor dureza do produto.

É importante ter em conta que todas as etapas envolvidas no processo de conservação contribuem e são responsáveis pela qualidade do produto final.

Os resultados apresentados ao longo deste trabalho são importantes do ponto de vista nutricional, pois tornam possível dar a conhecer ao consumidor as diferenças entre os hortícolas frescos e os conservados, de forma a poder elaborar o cálculo correcto, em termos calóricos e de nutrientes, para suprimir as necessidades nutricionais de cada indivíduo.

A comparação nutricional dos produtos frescos, e conservados indica-nos que cada método de conservação facultava-nos nutrientes diferentes, contribuindo para uma variedade nutricional e complementaridade. Para concluir, as recomendações exclusivas de produtos frescos ignoram os aspectos nutricionais associados aos produtos conservados e restringe a escolha do consumidor.

Bibliografia

- Abushita, A. A, Daood H. G., Biacs P. A. (2000) Change in carotenoids and antioxidant vitamins in tomato as a function of varietal and technological factors. *J Agric Food Chem* 48:2075–2081
- Aguilera, J.M., Stanley, D. W. (1999) *Microstructural Principles of Food Processing and Engineering*, 2nd edn., Gaithersburg: Aspen Publishers
- Ahn, H-J., Kim, J-H., Kim, J-K., Kim, D-H., Yook, H-S., Byun, M-W. (2005) Combined effects of irradiation and modified atmosphere packaging on minimally processed Chinese cabbage (*Brassica rapa* L.). *Food Chemistry* 89, 589–597
- Ahvenainen, R. (1996) New approaches in improving the shelf life of minimally processed fruits and vegetables. *Trends in Food Science and Technology*, Germany, v.7, n.6, p.179-187
- Alibas, I. (2007) Microwave, air and combined microwave–air-drying parameters of pumpkin slices. *LWT* 40, 1445-1451
- Almeida, D. (2005) *Manuseamento de produtos hortofrutícolas*. Sociedade Portuguesa de Inovação. Porto.
- Almeida, E. I. B., Ribeiro, W. S., Costa, L. C., Lucena, H. H., Barbosa, J. A. (2011) Análise da eficiência de biofilme em filmes de PVC sobre o aumento da vida útil pós-colheita de cenoura. *Agropecuária Técnica – v. 32, n. 1*
- Alothman, M., Bhat, R., Karim, A. S. (2009) Effects of radiation processing on phytochemicals and antioxidants in plant produce. *Trends in Food Science & Technology* 20, 201-212
- Al-Sayes, F., Gari, M., Qusti, S., Bagatian, N., Abuzenadah, A. (2011) Prevalence of iron deficiency and iron deficiency anemia among females at university stage. *Journal of Medical Laboratory and Diagnosis* Vol. 2(1) pp. 5-11
- Amanatidou, A., R. A. Slump, L. G. M. Gorris, E. J. (2000) High oxygen and high carbon dioxide modified atmospheres for shelflife extension of minimally processed carrots. *J. Food Sci.* 65: 61- 66.
- Amarante, C., Banks, N. H. (2001) Postharvest physiology and quality of coated fruit and vegetables. *Hortic. Rev.* 26, 161–238
- Anderson, J. W., Baird, P., Davis, R. H. Jr., Ferreri, S., Knudtson, M., Koraym, A., Waters, V., Williams, C. L. (2009) Health benefits of dietary fiber. *Nutrition Reviews*. Vol. 67(4):188–205

Anjo, D. F. C (2004) Alimentos funcionais em angiologia e cirurgia vascular. J Vasc Br 2004;3(2):145-54

Araya. X. I. T. (2011) Effects of high pressure processing on carrot tissue: a microstructure approach. Thesis of doctor of philosophy in food technology at Massey University, New Zealand

Ariana, D. O., Lu, R. (2010) Evaluation of internal defect and surface color of whole pickles using hyperspectral imaging. Journal of Food Engineering 96, 583–590

Ashrae. Commodity Storage Requirements. (1998) In: Refrigeration Systems and Applications Handbook. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. cap. 25. p.2-3.

Ayhan, Z., EfiTurk, O., Tafi, E. (2008) Effect of Modified Atmosphere Packaging on the Quality and Shelf Life of Minimally Processed Carrots. Turk J Agric For 32 (2008) 57-64

Bahçeci, K.S., Serpen, A., Gökmen, V., Acar, J., 2005. Study of lipoxygenase and peroxidase as indicator enzymes in green beans: change of enzyme activity, ascorbic acid and chlorophylls during frozen storage. Journal of Food Engineering 66 (2), 187–192

Baldwin, E. A., Nisperos-Carriedo, M. O., Baker, R. A., (1995) Use of edible coatings to preserve quality of lightly (and slightly) processed products. Critical reviews in food science and nutrition, v35, n.6, p509-524

Banu, A. C., Coll. (1999) Engineer Book for Food Industry, vol. II, Technical Publishing Company, Bucharest

Barry, C. S., Giovannoni, J. J. (2007) Ethylene and Fruit Ripening. J Plant Growth Regul 26:143–159

Barry-Ryan, C. and D. O'Beirne (2000) Effects of peeling methods on the quality of ready-to-use carrot slices. Int. J. Food Sci. Technol. 35: 243-254.

Barry-Ryan, C., J. M. Pacussi and D. O'Beirne (2000) Quality of shredded carrots as affected by packaging film and storage temperature. J. Food Sci. 65: 726-730

Barry-Ryan, C., O'Beirne, D. (1998) Quality and shelf-life of fresh cut carrot slices as affected by slicing method. J. Food Sci. 63, 851–856

Barth, M. M.; Kerbel, E.L.; Perry, A.K. (1993) Schmidt, S.J. Modified atmosphere packaging affects ascorbic acid, enzyme quality and market quality of broccoli. Journal of Food Science, v. 58, n.1, p. 140-143

Barth, M.M.; Zhuang, H. (1996) Packaging design affects antioxidant vitamin retention and quality of broccoli florets during postharvest storage. *Postharvest Biology and Technology*, v. 9, p. 141-150

Batra, J., Seth, P.K. (2002). Effect of iron deficiency on developing rat brain. *Indian J. Clin. Biochem.* 17(2): 108-114

Beaudry, R. M. Mir, N. (1999) *Modified Atmosphere Packaging*. Michigan State University East Lansing, Michigan.

Beaudry, R. M. (2000) Response of horticultural commodities to low oxygen: limits to the expanded use of MAP. *Hort- Technol.* 10, 491–500

Bidlack, W. R., Wang, W. (1999) Planejamento de alimentos funcionais. In: Shils ME, Olson JA, Shike M, Ross AC. *Tratado de nutrição moderna na saúde e na doença*. 9a ed. Rio de Janeiro: Manole; p. 1959-70

Bobbio, P. A., Bobbio, F. O. (1984) Material de embalagem. In: *Química de processamento de alimentos*. Campinas: Fundação Cargill. Cap. 9, p. 189-202

Bolin, H. R., Huxsoll, C. C. (1991). Effect of preparation procedures and storage parameters on quality retention of salad-cut lettuce. *Journal of Food Science*, 56, 60-67.

Bolin, H. R., Huxsoll, C.C. (1991) Control of minimally processed carrot (*Daucus carota*) surface discoloration caused by abrasion peeling. *J. Food Sci.* 56, 416–418

Borges, V. C. (2000) Alimentos funcionais: prebióticos, probióticos, fitoquímicos e simbióticos. In: Waitzberg DL. *Nutrição oral, enteral e parenteral na prática clínica*. 3a ed. São Paulo: Atheneu; p. 1495-509

Bourgeois, C. M. (1994) *Microbiologia alimentaria: Aspectos microbiológicos de la seguridad y calidad alimentaria*. v. I, Zaragoza: Acribia, 460p

Bourne, M. (2002). *Food texture and viscosity*. Food echnology, International Series, (2nd ed.). San Diego, CA: Academic Press

Boyer, R., Huff, K. (2008) *Using Dehydration to Preserve Fruits, Vegetables, and Meats* Virginia Tech, Virginia State University. Publication 348-597.

Brecht, G., Chau, K. (2002) Perforation-mediated modified atmosphere packaging of sweetcorn. Proc. Fla. StateHort. Soc. 115:71-75

Buckenhüskes, H. J. (1997) Fermented vegetables. In: Doyle, P.D., Beuchat, L.R., Montville, T.J. (Eds.), Food Microbiology: Fundamentals and Frontiers, second ed. ASM Press, Washington, DC, pp. 595-609.

Bunea, A., Andjelkovic, M., Socaciu, C., Bobis, O., Neacsu, M., Verhe, R., Van Camp, J. (2008) Total and individual carotenoids and phenolic acids content in fresh, refrigerated and processed spinach (*Spinacia oleracea* L.). Food Chemistry 108, 649–656

Burden, J., Aills, R. (1989) Prevention of post-harvest food losses: fruits, vegetables and root crops, Food and Agriculture Organization (FAO), Italia

Butz, P., Edenharder, R., Fister, H., Tauscher, B. (1997) The influence of high pressure processing on antimutagenic activities of fruit and vegetable juices. Food Research International, Vol. 30, No. 314, pp. 287-291

Caliari, M., Junior, M. S., Fernandes, T. N., Júnior, S. G. (2004) Desidratação osmótica de batata baroa (*Arracaciaxanthorrhiza*). *Pesquisa Agropecuária tropical*, **34** (1): 15-20.

Camargo, E. B., Botelho, R. A. (2005) Técnica Dietética: Seleção e Preparo de alimentos. São Paulo: Atheneu, 2005.

Campos F.P., Dosualdo, G.L., Christianini, M. (2003) Utilização da Tecnologia de Alta Pressão no Processamento de Alimentos, *Brazilian Journal of Food Technology*, **6**, 351-357

Cantwell, M. (2012) Postharvest short Course, Cap. 6. *Postharvest Technology Book*. UC Davis.

Carlin, F. Nguyen-The, C.,Chambroy, Y., Reich, M. (1990) Effects of controlled atmospheres on microbial spoilage, electrolyte leakage and sugar content of fresh, “ready to use” grated carrots. *International Journal of food science and technology*, **25**, 110-119

Cecchi, H.M. (2003) *Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos*. 2.ed. Campinas: Unicamp

Cereda, M. P.; Bertolini, A. C.; Evangelista, R. M. (1992) Uso do amido em substituição às ceras na elaboração de “películas” na conservação pós-colheita de frutas e hortaliças: estabelecimento de curvas de secagem. In: Congresso brasileiro de mandioca, 7. p.107.

- Chakravarty, I., Ghosh, K. (2000). Micronutrient malnutrition-present status and future remedy. J. Indian Med. Assoc. 98(9): 539-542
- Chitarra, F.M.; Chitarra, A.B. (1990) Pós-Colheita de Frutas e Hortaliças. Fisiologia e Manuseio, Lavras. 293 p.
- Cisneros-Zevallos, L., Saltveit, M.E., Krochta, J.M. (1997) Hygroscopic coatings control surface white discoloration of peeled (minimally processed) carrots during storage. J. Food Sci. 62 (363–366), 398.
- CNAN - Conselho Nacional de Alimentação e Nutrição, Comissão de Educação Alimentar. (1997) Recomendações para a educação alimentar da população portuguesa. Lisboa
- Corcuera, J., Cavalieri, R., Powers, J. (2004) Blanching of foods. Encyclopedia of Agricultural, Food, and Biological Engineering
- Correia, L. F. M., Faraoni, A.S., Pinheiro Sant'ana, H. M. (2008) Efeitos do processamento industrial de alimentos sobre a estabilidade de vitaminas. Alim. Nutr., Araraquara v.19, n.1, p. 83-95
- Cruz, G. A. (1990) Desidratação de alimentos. São Paulo: Globo.
- Das, D., R, Vimala, R., Vilanjan, D. (2010) Functional foods of natural origin – An overview. Indian Journal of Natural Products and resources. Vol. 1 (2), pp 136-142
- Dauthy, M. E., (1995) Fruit and vegetable processing. FAO – Agricultural services bulletin nº119 Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome.
- Davidek, J., Velisek, J., Pokorny, J. (1990) Chemical changes during food processing: developments in food science 21. Praga: Elsevier Science Publ., p. 230-294
- Demir, N., Bachçeci, K.S., Acar, J. (2006) The effects of different initial *Lactobacillus plantarum* concentrations on some properties of fermented carrot juice. *Journal of Food Processing and Preservation*, **30**, 352-363.
- Devlieghere, F., Vermeulen, A., Debevere, J. (2004) Chitosan: antimicrobial activity, interactions with food components and applicability as a coating on fruit and vegetables. *Food Microbiology*, **21**, 703-714.
- Di Cagno, R., Coda, R., Angelis, M., Gobbetti, M. (2012) Exploitation of vegetables and fruits through lactic acid fermentation. *Food Microbiology* **33**, 1-10

- Djouss'e, L., Arnett, D. K., Coon, H., Province, M. A., Moore, L. L., Ellison, R. C. (2004) Fruit and vegetable consumption and LDL cholesterol: the National Heart Lung and Blood Institute Family Heart Study. *Am J Clin Nutr* 79:213–7
- Dobia's, J., Voldrich, M., Curda, D. (2006) Heating of canned fruits and vegetables: Deaeration and texture changes. *Journal of Food Engineering* 77, 421–425
- Dong, H., Jiang, Y., Wang, Y., Liu, R., Guan, H. (2004) Effects of Hot Water Immersion on Storage Quality of Fresh Broccoli Heads. *Food Technol. Biotechnol.* 42 (2) 135–139
- Durante, R. W. (2002) Food processors requirements met by radiation processing. *Radiation Physics and Chemistry*, v.63, p. 289–294
- Dutta, P., Tripathi, S., Mehrotra, G., & Dutta, J. (2009) Review: perspectives for chitosan based antimicrobial films in food applications. *Food Chemistry*, 114, 11731182
- Edegou, I.; Feddes, J.; Leonard, J. (1997) Comparison between vertical and horizontal air flow for fruit and vegetable pre-cooling. *Canadian Agricultural Engineering*, Canada, v.39, n.2, p.107-112.
- EFSA (2005) Opinion of the Scientific Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies on a request from the Commission related to the Tolerable Upper Intake Level of Phosphorus. *The EFSA Journal* 233, 1-19
- El-Sharkawy, I., Kim, W., Jayasankar, S., Svircev, A., Brown, D. (2008) Differential regulation of four members of the ACC synthase gene family in plum. *Journal of experimental Botany*, Vol. 59, Nº 8, pp. 2009-2027
- Emmambux, N.M. eMinnaar, A. (2003) The effect of edible coatings and polymeric packaging films on the quality of minimally processed carrots. *J. Sci. Food Agric.* 83: 1065-1071
- Evangelista, J. (2001) *Tecnologia de alimentos*. São Paulo: Atheneu. 652 p.
- Fahey, J.W., Zhang, Y., Talalay, P. (1997) Broccoli sprouts: An exceptionally rich source of inducers of enzymes that protect against chemical carcinogens. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 94: 10366-10372
- Fellows, P. J. (2006) *Tecnologia do Processamento de Alimentos. Princípios e Prática*. 2ª Edição, Porto Alegre: Ed. Artmed.
- Fillion, L., & Kilcast, D. (2002). Consumer perception of crispiness and crunchiness in fruits and vegetables. *Food Quality and Preference*, 13, 23-29.

Fonseca, S. C., Morais, A. M. M. B. (2000) Boas práticas pós colheita para hortícolas frescas. AESBUSC - Associação para a Escola Superior de Biotecnologia da Universidade Católica

Fonseca, S. C., Oliveira, F.A.R. , Lino, I., Bretch, J. K., Chau, K. V. (2000) Modeling O₂ and CO₂ exchange for development of perforation-mediated modified atmosphere packaging. J. FoodEng. 43:9-15.

Fonseca, S., Oliveira, F., Brecht, J. (2002) Modelling respiration rate of fresh fruits and vegetables for modified atmosphere packages: a review. Journal of Food Engineering. Vol. 52, Issue 2, p. 99–119

Fontes, T. C., Lopes, M. N. F. (1995) Congelamento de alimentos – técnicas e normas. Universidade Federal de Viçosa.

Franco, B., Landgraf, M. (1996) Microbiologia dos Alimentos. Atheneu, São Paulo, 182p.

Franco, G. (2004) Tabela de Composição Química dos Alimentos. 9.ed. São Paulo: Atheneu

García, M.A., Pinotti, A., Martino, N.M., Zaritzky, N.E. (2004) Characterization of composite hydrocolloid films. Carbohydr. Polym. 56, 345–395

Gava, A. J. (1984) Principios de tecnologia de alimentos. São Paulo.

Gebczynski P. (2003) Quantitative changes of selected chemical components during freezing and storage of primary and secondary broccoli inflorescences. Acta Sci.Pol., Technol. Aliment. 2 (1), 31-39

Gębczyński, P., Kmiecik, W. (2007) Effects of traditional and modified technology, in the production of frozen cauliflower, on the contents of selected antioxidative compounds. Food Chemistry 101, 229–235

Gębczyński, P., Lisiewska, Z. (2006) Comparison of the level of selected antioxidative compounds in frozen broccoli produced using traditional and modified methods. Innovative Food Science and Emerging Technologies 7. 239–245

Genin, N., René, F. (1995) Analyse du role de la transition vitreuse dans les procedes de conservation agroalimentaires. Journal of food engineering. 26, 391-408.

- Gil, M. I., Ferreres, F., & Tomas-Barberan, F. A. (1999). Effect of postharvest storage and processing on the antioxidant constituents (Flavonoids and Vitamin C) of fresh-cut spinach. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47, 2213-2217.
- Giovannoni, J. (2001) Molecular biology of fruitmaturation and ripening. *Annu. Rev. PlantPhysiol. Plant Mol. Biol.* 2001. 52:725–49
- Goldberg, G. (2003) Plants: diet and health. The report of a British nutrition foundation task force. Oxford, U.K.: Blackwell Publishing Ltd. 347 p
- Gomes, M.R.A.; Ledward, D.A. (1996) Effect of high-pressure treatment on the activity of some polyphenoloxidases, *Food Chemistry*, **56**, 01-05.
- Gonçalves, E. M., Pinheiro, J., Abreu, M., Brandão, T. R. S., Silva, C. L. M. (2011) Kinetics of quality changes of pumpkin (*Curcubita maxima* L.) stored under isothermal and non-isothermal frozen conditions. *Journal of Food Engineering* 106 p. 40–47
- Gorris, L. G. M., Peppelenbos, H. W. (1992) Modified Atmosphere and Vacuum Packaging to Extend the Shelf Life of Respiring Food Products. *HortTechnology* 2(3) Group, USA
- Guiné R. P. F., Pinho S., Barroca M. J. (2011) Study of the convective drying of pumpkin (*Cucurbita maxima*). *Food and Bioproducts Processing*, 89, 422-428.
- Guiné, R., Barroca, M. J. (2012) Effect of drying treatments on texture and color of vegetables (pumpkin and green pepper). *Food and Bioproducts Processing*, 90, 58-63
- Gutierrez, J., Bourke, P., Lonchamp, J., Barry-Ryan, C. (2009) Impact of plant essential oils on microbiological, organoleptic and quality markers of minimally processed vegetables. *School of Food Science and Environmental Health*
- Hagiwara, T., Wang, H., Suzuki, T. (2002) R. Fractal analysis of ice crystals in frozen food. *J. Agric. Food Chem.* 50, 3085e3089.
- Hansen, M. E.; Sorensen, H. E.; Cantwell, M. (2001) Changes in acetaldehyde, ethanol and amino acid concentrations in broccoli florets during air and controlled atmosphere storage. *Postharvest Biology and Technology*, v. 22, p. 227-237
- Harrison, J. A., Andress, E. (2010) Preserving Food: Freezing Vegetables. University of Florida
- Hatch, T.F. (1988) Encopresis and constipation in children. *PediatrClin North Am.* 35:257–280

- Hecht, S.S. (1995) Chemoprevention by isothiocyanates. *J. Cell. Biochem. Suppl.* 22: 195-209
- Hendrickx, M., Ludikhuyze, L., Van den Broeck, I, Weemaes, C. (1998) Effects of High pressure on enzymes related to food quality (review) *Trends in Food Science & Technology*, **9**, 197-203.
- Hopkins, W. G..(2000) Introduction to Plant Physiology. 2ª edição. New York: John Wiley & Sons, Inc., 512p
- Howard L. R., Dewi T. (1996) Minimal processing and edible coating effects on composition and sensory quality of mini-peeled carrots. *Journal Food Science* 61: 643-651
- Howard, L. R., Griffin, L. E. (1993) Lignin formation and surface discoloration of minimally processed carrot sticks. *Journal of Food Science*, 58, 1065-1067.
- Huarte-Mendicoa, J. C., Astiasarin, Bello, I. (1997) Nitrate and nitrite levels in fresh and frozen
- Hui, Y. H. (2006) Handbook of Food Science, Technology and Engineering, Taylor & Francis
- Hunter, K. J., Fletcher, J. M. (2002) The antioxidant activity and composition of fresh, frozen, jarred and canned vegetables. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 3, 399–406
- Hutkins, R. (2006) Microbiology and Technology of Fermented Foods. Blackwell Publishing
- INSA – Instituto Nacional de Saúde Dr. Ricardo Jorge. (2007) Tabela de composição dos alimentos. Lisboa
- Iowa States University (2000) The health value of fruits and vegetables. 2 p
- Ismail, A., Marjan, Z. M., & Foong, C. W. (2004). Total antioxidant activity and phenolic content in selected vegetables. *Food Chemistry*, 87, 581–586.
- Jagannath, J.H., Nanjappa, C., Das Gupta, D., Bawa, A.S. (2006) Studies on the stability of an edible film and its use for the preservation of carrot (*Daucus carota*). *Int. J. Food Sci. Technol.* 41, 498–506
- Jaiswal, A. K., Gupta, S., Abu-Ghannam, N. (2012) Kinetic evaluation of colour, texture, polyphenols and antioxidant capacity of Irish York cabbage after blanching treatment. *Food Chemistry* 131, 63–72
- Jaworska, G. (2005) Nitrates, nitrites, and oxalates in products of spinach and New Zealand spinach:

Effect of technological measures and storage time on the level of nitrates, nitrites, and oxalates in frozen and canned products of spinach and New Zealand spinach. Food Chemistry 93 395–401

Jaworska, G., Bernas, E., Cichon, Z., Possinger, P.(2008) Establishing the optimal period of storage for frozen *Agaricus bisporus*, depending on the preliminary processing applied. International Journal of Refrigeration 31 (6), 1012–1050.

Jay, J. M., Loessner, M. J. e Golden, D. A. (2005) Modern Food Microbiology.7ª ed. Springer.Estados Unidos da América.

Jia, C-G, Xu, C-J.,Wei, J.,Yuan, J., Yuan, G-F., Wang, B-L., Wang, Q-M. (2009) Effect of modified atmosphere packaging on visual quality and glucosinolates of broccoli florets. Department of Horticulture, Zhejiang University, Kaixuan Road 268, Hangzhou 310029, China. Food Chemistry 114, 28–37

Jiratanan, T., & Liu, R. H. (2004). Antioxidant activity of processed table beets (*Beta vulgaris* var, *conditiva*) and green beans (*Phaseolus vulgaris* L.). Journal of Agricultural and Food Chemistry, 52 (9), 2659–2670.

Jornal Oficial da União Europeia (2009) Lista das autorizações dos Estados-Membros de alimentos e ingredientes alimentares que podem ser tratados por radiação ionizante,C283, de 24 de Novembro de 2009, p 5.

Kader, A. A. (1992) Modified atmosphere during transport and storage. In: KADER A.A. (Ed.), Postharvest Technology of Horticultural Crops. 2nd ed. Oakland: Division of Agriculture and Natural Resource/Univ. of California, p. 85-92.

Kawashima, L. M., Valente Soares, L. M. (2005) Efeito do tempo de branqueamento na extração seletiva de elementos minerais do substituto de espinafre (*Tetragoniaexpansa*) comumente empregado no Brasil. Ciência e Tecnologia dos Alimentos, Campinas, v.25, n.3, p.419-424, 2005.

Kendall, P., DiPersio, P., Sofos, J. (2004) Drying Vegetables. Colorado State University.

Kevany, B., Tieman, D., Taylor, M., Cin, V., Klee, H. (2007) Ethylene receptor degradation controls the timing of ripening in tomato fruit. The Plant Journal 51, 458–467

Khetarpal, A., Kochar, G.K. (2009) Nutritional Quality of Fruits and Vegetables and their Importance in Human Health.Dept. of Home-Science, Kurukshetra University, Kurukshetra; Lecturer Dept. of Home-Science, D.A.V. College For Girls, Yamuna Nagar (Haryana)

- Khoo, H., Nagendra Prasad, K., Kong, K., Jiang, Y., Ismail, A. (2011) Carotenoids and Their Isomers: Color Pigments in Fruits and Vegetables. *Molecules* 2011, 16, 1710-1738
- Kitinoja, L. Kader, A. (1995) Small-scale postharvest handling practices – A manual for horticultural crops, 3a edição, Universidade da California, Davis , EUA
- Klaiber, R. G., S. Baur, G. Wolf, W.P. Hammes and R. Carle. (2005) Quality of minimally processed carrots as affected by warm water washing and chlorination. *Innov. Food Sci. Emer. Technol.* 6: 351-362.
- Kluge, R. A., Costa, C. A., Vitti, M. C. D., Onganelli, M. G., Jacomino, A. P., Moretti, C. L. (2006) Armazenamento refrigerado de beterraba minimamente processada em diferentes tipos de corte. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.36, n.1, p.263-270
- Korus, A., Lisiewska, Z., Slupski, J., Gebczynski, P. (2011) Retention of oxalates in frozen products of three brassica species depending on the methods of freezing and preparation for consumption. *International Journal of refrigeration* 34, 1527-534
- Krokida M. K. Maroulis Z.B. (1997) Effect of drying method on shrinkage and porosity. *Drying Technology* 15: 2441–2458.
- Krokida M. K., Zogzas N. P., Maroulis Z. B. (1997) Modelling shrinkage and porosity during vacuum dehydration. *International Journal of Food Science and Technology* 32: 445–458.
- Krokida, M. K., Karathanos, V. T., Maroulis, Z. B., Marinos-Kouris, D. (2003) Drying kinetics of some vegetables, *Journal of Food Engineering* 59, 391-403
- Krolow, A. C. R. (2006) Hortaliças em conserva. Embrapa – Informação tecnológica. Brasília
- Kuaye, J. C. (1994) Análise de perigos e pontos críticos de controlo e a qualidade de alimentos.
- Lacasse, D. (1995) Introdução à Microbiologia Alimentar. Lisboa: Ciência e Técnica. Instituto Piaget.
- Lairon, D., Arnault, N., Bertrais, S. (2005) Dietary fiber intake and risk factors for cardiovascular disease in French adults. *Am J Clin Nutr.* 82:1185–1194
- Lallu, N., Yearsley, C. W., Elgar, H. J. (2000) Effects of cooling treatments and physical damage on tip rot and postharvest quality of asparagus spears. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, New Zealand, v.28, n.1, p. 27-36.

Lamikanra, O. (2002) Fresh cut-fruits and vegetables – Science, technology and Market. CRC Press, USA.

Lattimer, J., Haub, D. (2010) Effects of Dietary Fiber and Its Components on Metabolic Health. Department of Human Nutrition, Kansas State University, 127 Justin Hall, Manhattan. *Nutrients*, 2, 1266-1289

Léchaudel, M., Joas, J. (2007) An overview of preharvest factors influencing mango fruit growth, quality and postharvest behavior. *Braz. J. Plant Physiol.*, 19(4):287-298

Lee, S. K., Kader, A. (2000) Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. *Postharvest Biology and Technology* 20 207–220

Leguerinel, I., Couvert, O., Mafart, P. (2007) Modelling the influence of the sporulation temperature upon the bacterial spore heat resistance, application to heating process calculation. *International Journal of Food Microbiology* 114, 100–104

Leja, M., Mareczek, A., Starzynska, A., Rozek, S. (2001) Antioxidant ability of broccoli flower buds during short term storage. *Food Chemistry*, v. 72, n. 2, p. 219-222.

Lemos, O. L., Rebouças, T. N. H., José, A. R. S., Vila, M. T. R., Silva, K. S. (2007) Utilização de biofilme comestível na conservação de pimentão “Magali R” em duas condições de armazenamento. *Bragantia*, Campinas, v.66, n.4, p.693-699

León-Sánchez, F. D., Pelayo-Zaldívar, C., Rivera-Cabrera, F., Ponce-Valadez, M., Ávila-Alejandre, X., Fernández, F. J., Escalona-Buendía, H. B., Pérez-Flores, L. J. (2009) Effect of refrigerated storage on aroma and alcohol dehydrogenase activity in tomato fruit. *Postharvest Biology and Technology* 54, 93–100

Liapis, A. L. (1987) Freeze Drying. In: Mujumdar, A. S. *Handbook of Industrial Drying*. New York: Marcel Dekker Inc. cap. 1, p. 3-45.

Lintas, C. (1992) Nutritional aspects of fruit and vegetable consumption. Istituto Nazionale della Nutrizione, Rome. *Options Méditerranéennes*, Sér. A /no 19

Liu, R. H. (2003) Health benefits of fruit and vegetables are from additive and synergistic combinations of phytochemicals 1–4 *Am J Clin Nutr* 2003;78(suppl):517S–20S. American Society for Clinical Nutrition

- Liu, S., Manson, J. E., Lee, I. M., Cole S. R., Hennekens C. H., Willett W. C., Buring J. E. (2000) Fruit and vegetable intake and risk of cardiovascular disease: the women's health study. *Am J Clin Nutr* 72:922–8
- Liu, S., Stampfer, M.J., Hu, F.B. (1999) Whole-grain consumption and risk of coronary heart disease: results from the Nurses' Health study. *Am J Clin Nutr*. 70:412–419
- Lucas, R., MaGrande, J., Abriouel, H., Maqueda, M., Ben Omar, N., Valdivia, E., Martinez-Canamero, M., Galvez, A. (2006) Application of the broad-spectrum bacteriocin enterocin AS-48 to inhibit *Bacillus coagulans* in canned fruit and vegetable foods. *Food and Chemical Toxicology* 44, 1774–1781
- Luh, B. S., Woodroof, J.G. (1988) *Commercial Vegetable Processing*, 2nd edition, VanNostrand Reinhold, New York.
- Machado, C. M. M. (2006) *Processamento de hortaliças em pequena escala*. Brasília: Embrapa Informação tecnológica
- Magalhães, A.L.C. (2008) *Extração de Óleo de Grainha de Uva em CO2 Supercrítico*, Tese de Mestrado do Departamento de Química da Universidade de Aveiro
- Mahan, L. K., Escott-Stump, S.(2008) *Krause's food and nutrition therapy*. 12º edition
- Makhlouf, J., Zee, J., Tremblay, N., Bklanger, A., Michaud, M., Gosseliud, A. (1995) Some nutritional characteristics of beans, sweet corn and peas (raw, canned and frozen) produced in the province of Quebec. *Food Research International*, Vol. 28, No. 3, pp. 253-259
- Malhotra, V.K. (1998). *Biochemistry for Students*. Tenth Edition. Jaypee Brothers Medical Publishers (P) Ltd, New Delhi, India
- Mantilla, S. P. S., Santos, E. B., Vital, H. C., Mano, S. B., Franco, R. M. (2010) Atmosfera modificada e irradiação: métodos combinados de conservação e inocuidade alimentar. *Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária* ISSN: 1679-7353
- Marin, A. L., Bratucu, Gh. (2010) Research regarding on the balance of masses in conservation by drying vegetables and fruits. *Journal of EcoAgriTourism*, vol.6, nr.2(19)
- Mattea M., Urbicain, M. J. Rotstein, E. (1989) Computer model of shrinkage and deformation of cellular tissue during dehydration. *Chemical Engineering Science* 44: 2853–2859.

- McFeeters, R. F. (2004) Fermentation microorganisms and flavor changes in fermented food. *Journal of Food Science* 69, 35-37
- McInerney, J. K., Seccafien, C. A., Stewart, S. M., Bird, A. R. (2007) Effects of high pressure processing on antioxidant activity, and total carotenoid content and availability, in vegetables. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 8, 543–548
- McKillop, D. J., Pentieva, K., Daly, D., McPartlin, J. M., Hughes, J., Strain, J. J., Scott, J. M., McNulty, H. (2002) The effect of different cooking methods on folate retention in various foods that are amongst the major contributors to folate intake in the UK diet. *British Journal of Nutrition*, 88, 681–688
- Membre, J. M., van Zuijlen, A. (2011) A probabilistic approach to determine thermal process setting parameters: application for commercial sterility of products. *International Journal of Food Microbiology* 144, 413–420
- Michnovicz, J. J., Bradlow, H.L. (1991) Altered estrogen metabolism and excretion in humans following consumption of indolecarbinol. *Nutr. Cancer* 16: 59-66
- Montonen, J., Knekt, P., Jarvinen, R., Aromaa, A., Reunanen, A. (2003) Whole-grain and fiber intake and the incidence of type 2 diabetes. *Am J Clin Nutr.* 77:622–629
- Morais, A., Pinto, P. (2000) Boas Práticas para a Conservação de Produtos Hortofrutícolas. AESBUSC - Associação para a Escola Superior de Biotecnologia da Universidade Católica
- Moreira, M. R., Roura, S. I., Ponce, A. (2011) Effectiveness of chitosan edible coatings to improve microbiological and sensory quality of fresh cut broccoli. *LWT - Food Science and Technology* 44, 2335-2341
- Mota, R. V. (2005) Avaliação da qualidade físico-química e aceitabilidade de passas de pêssago submetidas à desidratação osmótica. *Ciência Tecnológica Alimentar*, Campinas, v. 25, n.1, p. 789-794
- Motarjemi, Y., Asante, A., Adams, M.R., Nout, M.J.R. (2001) Practical applications: prospects and pitfalls. In: Adams, M.R., Nout, M.J.R. (Eds.), *Fermentation and Food Safety*. Aspen Publishers.
- Murcia, M. A., Jiménez, A. M., Martínez-Tomé, M (2009) Vegetables antioxidant losses during industrial processing and refrigerated storage. *Food Research International* 42, 1046–1052
- Nestle, M. (1998) Broccoli sprouts in cancer prevention. *Nutr.Rev.* 56: 127-130. Obisesan, T.O.

Nguyen, M. L., Schwartz, S.J. (1999) Lycopene: chemical and biological properties. *Food Technol* 53:38–45

Nguyen, C., Carlin, F. (1994). The microbiology of minimally processed fresh fruits and vegetables. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 34(4), 371-401.

Nielsen, G.S., Larsen, L.M., Poll, L. (2003) Formation of aroma compounds and lipoxygenase (EC 1.13.11.12) activity in unblanched leek (*Allium ampeloprasum* Var. Bulga) slices during long-term frozen storage. *J. Agric. Food Chem.* 51, 1970-1976.

Nijhuis, H. H., Torringa, H. M., Muresan, S., Yuksel, D., Leguijt, C., Kloek, W. (1998) Approaches to improving the quality of dried fruit and vegetables. *Trends in Food Science & Technology* 9, 13-20

Nikolić, M., Nikić, D., Petrović, B. (2008) fruit and vegetable intake and the risk for developing coronary heart disease. *Cent Eur J PublicHealth* 2008; 16 (1): 17–20

Nistor, L., Hodoşan, C., Bahaciu, G., Ianiţchi, D., Maftei, M., Vilău, F., Duşescu, I. (2010) Quality Control of Canned Peas. *Animal Science and Biotechnologies*, 43 (1)

Nunes, P. A. (2012) Uma especialista de nutrição no supermercado. A esfera dos livros. 1ª edição. 423 p

Oliveira, F. A. R., Fonseca, S. C., Oliveira, J. C., Bretch, J. K., Chau, K. V. (1998) Development of perfuration mediated modified atmosphere packaging to preserve fresh fruit and vegetable quality after harvest. *FoodSciTechol. Intl.* 4:339-352.

Oliveira, T. A., Leite, R. H. L., Aroucha, E. M. M., Ferreira, R. M. A. (2011) Efeito do revestimento de tomate com biofilme na aparência e perda de massa durante o armazenamento. *Revista verde de agroecologia e desenvolvimento sustentável*. Grupo verde de agricultura alternativa (GVAA). ISSN 1981-8203

Olivera, D. F., Viña, S. Z., Marani, C. M., Ferreyra, R. M., Mugridge, A., Chaves, A. R., Mascheroni, R. H. (2008) Effect of blanching on the quality of Brussels sprouts (*Brassica oleracea* L. gemmifera DC) after frozen storage. *Journal of Food Engineering* 84, 148–155

Ordóñez, J.A. (2005) *Tecnologia de Alimentos - Vol. 1 - Componentes dos alimentos e processos*. Porto Alegre: Ed. Artmed.

Padilha, P. C., Pinheiro, R. L. (2004) The Role of the Functional Foods on Prevention and Control of the Breast Cancer. *Revista Brasileira de Cancerologia* 2004; 50(3): 251-260

Page, T., Griffiths, G., Buchnan-Wollaston, V. (2001) Molecular and biochemical characterization of postharvest senescence in broccoli. *Plant Physiology*, v. 125, p.718-727, 2001.

Pashankar, D. S., Loening-Baucke, V. (2005). Increased prevalence of obesity in children with functional constipation evaluated in an academic medical center. *Pediatrics* 116:e377– e380

Patras, A., Tiwari, B. K., Brunton, N. P. (2011) Influence of blanching and low temperature preservation strategies on antioxidant activity and phytochemical content of carrots, green beans and broccoli. *LWT - Food Science and Technology* 44, 299-306

Paull, R. (1999) Effect of temperature and relative humidity on fresh commodity quality. *Postharvest Biology and Technology* 15, 263–277

Pék, L., Lugasi, A. (2006) Tomato fruit quality and content depend on stage maturity. *HortScience* 41(6):1400-1401

Pelczar, J.R., Michael, J., Chan, E. C. S., Krieg, N. R., Edwards, D. D., Merna, F.(1997) *Microbiologia: conceitos e aplicações*. 2.ed. São Paulo: MakronBooks do Brasil, v.2

Petruzzello, L., Iacopini, F., Bulajic, M., Shah, S., Costamagna, G. (2006) Review article: uncomplicated diverticular disease of the colon. *Aliment PharmacolTher.* 23:1379–1391

Pinotti, A., Garcia, M. A., Martino, M. N., Zaritzky, N. E. (2007) Study on microstructure and physical properties of composite films based on chitosan and methylcellulose. *Food Hydrocolloid.* 21, 66–72

Pirovani, M. E., Guemes, D. R., Piagentini, A. M., Di Pentima, J. H. (1997) Storage quality of minimally processed cabbage packaged in plastic films. *Journal of food quality*, v.20, n.5, p.381-389.

Porte, A., Maia, L. H. (2001) Alterações fisiológicas, bioquímicas e microbiológicas de alimentos minimamente processados. *B. CEPPA*, v. 19, n. 1, p. 105-118

Potter N. N., Hotchkiss J. H. (1998) Food dehydration and concentration. In: *Food Science*. 5th edn., Maryland: Aspen Publishers Inc. pp. 200–244.

Prakash, D., Gupta, K, R. (2009) The Antioxidant Phytochemicals of Nutraceutical Importance. *The Open Nutraceuticals Journal*, 2009, 2, 20-35

Prakash, D., Upadhyay, G., Pushpangadan, P. (2011) Antioxidant Potential of Some Under-Utilized Fruits. *Indo-Global Journal of Pharmaceutical Sciences*, 2011, Vol1., Issue 1: Page No. 25-32

Prior, R. L., Cao, G. (2000) Antioxidant phytochemicals in fruits and vegetables; diet and health implications. *HortScience* 35:588-592

Quebedeaux, B., Eisa, H.M. (1990) Horticulture and human health. Contributions of fruits and vegetables. Proc. 2nd Intl. symp. Hort. and Human Health. *HortScience* 25:1473-1532

Ramachandra, M. (1995) Diffusion channels for brocolli. MSc., Diss. McGill University, Montreal, Canadá.

Ratti, C. (2001) Hot air and freeze-drying of high value foods: a review. *Journal of food engineering* 49, 311-319

Ratti, G. S., Brecht, J. K., Chau, K. V. (2002) Modelling modified atmosphere storage of fresh cauliflower using diffusion channels. *J. Agr. Eng. Res.* 69: 343-350.

Redmond, G. A., Gormley, T. R., Butler, F. (2004) The effect of short- and long-term freeze-chilling on the quality of cooked green beans and carrots. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 5, 65–72

Rickman, J.C., Barrett, D. M., Bruhn, C. M. (2007) Review Nutritional comparison of fresh, frozen and canned fruits and vegetables. Part 1. Vitamins C and B and phenolic compounds. *Department of Food Science and Technology, University of California*. Society of Chemical Industry. *J Sci Food Agric* 0022–5142/2007

Ritenour, M., Ahrens, M., Saltveit, M. (1995) Effects of Temperature on Ethylene-induced Phenylalanine Ammonia Lyase Activity and Russet Spotting in Harvested Iceberg Lettuce. *J. AMER. SOC. HORT. SCI.* 120(1):84-87

Robinson, J. D. (2012) Food freezing guide. North Dakota State University, Fargo, North Dakota

Rozec, S.; Leja, M.; Myczkowski, J.; Mareczek, A. (1994) The effect of fertilization with different forms of nitrogen on greenhouse lettuce quality and its changes during storage. I Content of certain nutritive compounds. *Folia Horticulturae.*, v. 6, n. 1, p. 41-5.

Sá da, M. C., Rodriguez-Amaya, D. B. (2004). Optimization of HPLC quantification of carotenoids in cooked green vegetables — Comparison of analytical and calculated data. *Journal of Food Composition and Analysis*, 17, 37–51.

- Saldana, G., Meyer, R. D., Stephens, T.S., Lime, B. J., Del Var Petersen, H. (1979) Nutrient composition of canned beets and tomatoes grown in a subtropical area. *J Food Sci* 44:1001–1003, 1007
- Saltveit, M, E. (1999) Effect of ethylene on quality of fresh fruits and vegetables. *Postharvest Biology and Technology* 15 (1999) 279–292
- Saltveit, M. E., Loaiza-Velarde, J. G. (2000) Method of preventing wound-induced browning in produce. Patent 6, 113,958.
- Sancho, F., Lambert, Y., Demazeau, G., Largeau, A., Bouvier, J., Narbonne, J. (1999) Effect of ultra hydrostatic pressure on hydrosoluble vitamins. *Journal of food engineering*, 39: 247-253
- Sant'Ana, A. S., Landgraf, M., Destro, M. T., Franco, B. D. G. M. (2011) Prevalence and counts of *Salmonella* spp. in minimally processed vegetables in São Paulo, Brazil. *Food Microbiology* 28, 1235-1237
- Santos, J., Mendiola, J. A., Oliveira, M. B. P. P., Ibáñez, E., Herrero, M. (2012) Sequential determination of fat- and water-soluble vitamins in green leafy vegetables during storage. *Journal of Chromatography A*, 1261, 179–188
- Santos, M. A. T., Abreu, C. M. P., Carvalho, V.D.D. (2003) Efeitos de diferentes tempos de cozimento nos teores de minerais em folhas de brócolis, couve-flor e couve (*Brassica oleracea* L.). *Ciências e Agrotecnologia*, Lavras, n.3, p.597-604, 2003.
- Sarantópoulos, C. I. G. L. (1997) Embalagens para vegetais minimamente processados – Fresh Cut. *Boletim de Tecnologia e Desenvolvimento de Embalagens*, v. 9, n. 5, p. 4
- Sarria, S., Honório, S. (2005) parâmetros de resfriamento rápido do figo (*Ficus carica* L) cv. Roxo de Valinhos embalado em caixa de exportação. *Revista UDO Agrícola*, v. 1, p.96 -102
- Seljasen, R., Hoftun, J. Selliseth, G. B. Bengtsson (2004) Effects of washing and packaging on sensory and chemical parameters in carrots (*Daucus carota* L). *J. Sci. Food Agric.* 84: 955-965.
- Serpen, A., Gokmen, V., Bahceci, K.S., Acar, J. (2007) Reversible degradation kinetics of vitamin C in peas during frozen storage. *Eur. Food Res. Technol.* 224, 749-753.
- Sevenier, V., Delannoy, S., André, S., Fach, P., Remize, F. (2012) Prevalence of *Clostridium botulinum* and thermophilic heat-resistant spores in raw carrots and green beans used in French canning industry. *International Journal of Food Microbiology* 155, 263–268.

Sila, D. N., Duvetter, T., Roeck, A., Verlent, I., Smout, C., Moates, G. K., Hills, B. P., Waldron, K. K., Hendrickx, M., Loey, A. V. (2008) Texture changes of processed fruits and vegetables: potential use of high-pressure processing. *Trends in Food Science & Technology* 19, 309-319.

Silva, E. M. (2011) Produção e caracterização de filmes biodegradáveis de amido de pinhão. Trabalho de diplomação em engenharia Química, Departamento de Engenharia Química, Escola de engenharia da Universidade federal do Rio Grande do Sul.

Silva, F. M. (1995) Modified atmosphere packaging of fresh fruits and vegetables exposed to varying postharvest techniques. ME Diss., Univ. of Flam., Gainesville.

Silva, F. T. (2000)a Recomendações técnicas para o processamento de hortaliças congeladas. Embrapa Agroindústria de Alimentos

Silva, J. A. (2000)b Tópicos da tecnologia dos alimentos. São Paulo.

Simões, A. D. N., Allende, A., Tudela, J. A., Puschmann, R., Gil, M. I. (2011) Optimum controlled atmospheres minimise respiration rate and quality losses while increase phenolic compounds of baby carrots. *LWT - Food Science and Technology* 44, 277-283

Simón, A., Gonzalez-Fandos, E. (2011) Influence of modified atmosphere packaging and storage temperature on the sensory and microbiological quality of fresh peeled white asparagus. *Food Control* 22, 369-374

Singal, S., Kumud, M., Thakral, S. (2012) Application of apple as ripening agent for banana. *Indian Journal of Natural products and resources*. Vol. 3 (1), pp. 61-64

Slupski, J. (2012) Effect of freezing and canning on the thiamine and riboflavin content in immature seeds of five cultivars of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *International Journal of refrigeration* 35, 890-896

Soetan, K. O., Olaiya, C. O., Oyewole O. E. (2010) The importance of mineral elements for humans, domestic animals and plants: A review. *African Journal of Food Science* Vol. 4(5) pp. 200-222

Sonti, S. (2003) Consumer perception and application of edible coatings on fresh-cut fruits and vegetables. A Thesis Submitted to the Graduate Faculty of the Louisiana State University and Agricultural and Mechanical College. The Department of Food Science

Southon, S.(2000). Increased fruit and vegetable consumption within the EU: potential health benefits. FoodRes. Intl. 33:211-217

Spínola, V., Mendes, B., Câmara, J. S., Castilho, P. C. (2012) Effect of time and temperature on vitamin C stability in horticultural extracts. UHPLC-PDA vs iodometric titration as analytical methods. LWT - Food Science and Technology 50, 489-495

Steffen, L. M., Jacobs, D.R., Jr, Stevens, J., Shahar, E., Carithers, T., Folsom, A.R. (2003) Study. Am J Clin Nutr. 78:383–390

Steinkraus, K. H. (1996) Handbook of Indigenous Fermented Foods. Revised and Enlarged, second ed. Marcel Dekker, New York, NY, p. 776.

Steinkraus, K. H. (1997) Classification of fermented foods: worldwide review of household fermentation techniques. Food Control,. Vol. 8. No. 5/6, pp. 311-3 17.

Sun, T., Tang, J., Powers, J. R. (2007) Antioxidant activity and quality of asparagus affected by

Swinburn, B. A., Caterson, I., Seidell, J.C., James, W. P. T. (2004) Diet, nutrition and the prevention of excess weight gain and obesity. Public Health Nutrition: 7(1A), 123–146

Szczesniak, A. S. (1998). The meaning of textural characteristics of crispiness. Journal of Textural Studies, 19, 51-59.

Tatsumi, Y., Watada, A.E., Wergin, W.P. (1991) Scanning electron-microscopy of carrot stick surface to determine cause of white translucent appearance. J. Food Sci. 56, 1357–1359.

Teixeira, L. J. Q. (2008) Campos electricos pulsados de alta densidade no processamento do sumo de cenoura. 149F Tese, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

Thiré, R. M. S., Simão, R. A., Araújo, P. J. G., Anchete, C. A. (2004) Redução da hidrofiliidade de filmes biodegradáveis à base de amido por meio de polimerização de plasma. Polímeros: Ciência e tecnologia, São Carlos, v. 14, p. 57-62.

Toivonen, P. M. A. (1997) The effects of storage temperature, storage duration, hydro-cooling, and micro-perforated wrap on shelf life of broccoli (*Brassica oleracea L.*,italica group). Postharvest Biology and Technology, v. 10, p. 59-65.

Tomas-Barberan, F. A., Robins, R.J. (1997) Phytochemistry of fruits and vegetables. Oxford Science Publ., Oxford, UK, 375 pp

Toole, G. A., Parker, M. L., Smith, A. C., Waldron, K. W. (2000). Mechanical properties of lettuce. *Journal of Material Science*, 35, 3553-3559.

Tosun, B., Yücecan, S. (2007) Influence of Home Freezing and Storage on Vitamin C Contents of Some Vegetables. *Pakistan Journal of Nutrition* 6 (5): 472-477.

Tucker, M., Xue, P., Yang, R. (2010) 1-Aminocyclopropane-1-carboxylic acid (ACC) concentration and ACC synthase expression in soybean roots, root tips, and soybean cyst nematode (*Heterodera glycines*)-infected roots. *Journal of Experimental Botany*, Vol. 61, No. 2, pp. 463–472

Tzoumaki, M. V., Biliaderis, C. G., Vasilakakis, M. (2009) Impact of edible coatings and packaging on quality of white asparagus (*Asparagus officinalis*, L.) during cold storage. *Food Chemistry* 117, 55–63

United Nations (2007) Safety and quality of fresh fruit and vegetables: a training manual for trainers. New York and Geneva. 33 p

US Department of Agriculture (USDA), (2005) US Department of Health and Human Services. Dietary Guidelines for Americans. Washington, DC: USDA

Van Buggenhout, S., Messagie, I., Maes, V., Duvetter, T., Van Loey, A., Hendrickx, M. (2006) Minimizing texture loss of frozen strawberries: effect of infusion with pectinmethylesterase and calcium combined with different freezing conditions and effect of subsequent storage/thawing conditions. *Eur. Food Res. Technol.* 223, 395-404.

Van Loey, A., Weemeas, O. C., Van den Broeck, I., Ludikhuyze, L., Denys, S., Hendrickx, M. (1998) Thermal and pressure temperature degradation of chlorophyll in broccoli (*Brassica oleracea* L. *italica*) juice: A kinetic study. *Journal of agriculture and food chemistry*, 46:5289-5294

Vargas, M., Pastor, C., Chiralt, A., McClements, D. J., Gonzalez-Martinez, C. (2008). Recent advances in edible coatings for fresh and minimally processed fruits. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 48(6), 496–511

Verhoeven, D.T.H., Goldbohm, R.A., van Poppel, G., Verhagen, H., van den Brandt, P. A. (1996) Epidemiological studies on brassica vegetables and cancer risk. *Cancer Epidemiol. Biomarkers Prev.* 5: 733-748.

Verhoeven, D. T. H., Verhagen, H., Goldbohm, R. A., van den Brandt, P. A., and van Poppel, G. (1997) A review of mechanisms underlying anticarcinogenicity by brassica vegetables. *Chem. Bio. Interactions* 103: 79-129.

Vicentini, N. M. (1999) Utilização de películas de fécula de mandioca para conservação pós-colheita de couve-flor (*Brassica aleraceae* var. *Botrytis*). Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual paulista Júlio de Mesquita Filho – faculdade de Ciências Agrônômicas. Botucatu-SP. 85p.

Vicentini, N.M., Cereda, M.P. (1999) Uso de filmes de fécula de mandioca em conservação pós-colheita de pepino (*Cucumissativus* L.) *BrazilianJournalofFoodTechnology*, v.3, n. 1-2, p. 127-130.

Vila, M.T.R. Qualidade pós-colheita de goiaba ‘Pedro Sato’ armazenados sob refrigeração e atmosfera modificada por biofilme de fécula de mandioca. 2004, 66p. Dissertação(Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.

Viña, S. Z., Mugridge, A., García, M. A., Ferreyra, R. M., Martino, M. N., Chaves, A. R., Zaritzky, N. E. (2007) Effects of polyvinylchloride films and edible starch coatings on quality aspects of refrigerated Brussels sprouts. *Food Chemistry* 103, 701–709

Volden, J., Bengtsson, G. B., Wicklund, T. (2009) Glucosinolates, L-ascorbic acid, total phenols, anthocyanins, antioxidante capacities and colour in cauliflower (*Brassica oleracea* L. ssp. *botrytis*); effects of long-term freezer storage. *Food Chemistry* 112, 967–976

Vuksan, V., Jenkins, A. L., Jenkins, D., Rogovik, A. L., Sievenpiper, J. L., Jovanovski, E. (2008) Using cereal to increase dietary fiber intake to the recommended level and the effect of fiber on bowel function in healthy persons consuming North American diets. *Am J ClinNutr* 2008;88:1256 – 62

Wang, J., Wang, S. J., Yu, Y. (2007) Microwave drying characteristics and dried quality of pumpkin. *International Journal of Food Science and Technology* 42, 148–156

Wargovich, M.J. (2000) Anticancer properties of fruits and vegetables. *HortScience* 35:573-575

Watada, A.E., Qui, L. (1999) Quality of fresh-cut produce. *Postharvest Biology and Technology*, v.15, p.201-205

Watkins, C.B. (2000) Responses of horticultural commodities to high carbon dioxide as related to modified atmosphere packaging. *HortTechnol.* 10, 501–506.

Weichman, J. (1987) Low oxygen effect. In: WEICHMANN, J. *Postharvest Physiology of Vegetables*. New York: Marcel Dekker, p. 231-238.

Whelton, S. P., Hyre, A. D., Pedersen, B., Yi, Y., Whelton, P.K., He, J. (2005) Effect of dietary fiber intake on blood pressure: a metaanalysis of randomized, controlled clinical trials. *J Hypertens*. 23:475–481.

Wild, H., Woltering, E., Peppelenbos, H. (1999) Carbon dioxide and 1-MCP inhibit ethylene production and respiration of pear fruit by different mechanisms. *Journal of Experimental Botany*, Vol. 50, No. 335, pp. 837–844

Wills, R. (1998) *Postharvest: an introduction to the physiology & handling of fruit, vegetables & ornamentals*. 4. ed. Wallingford: New South Wales University Press, 262 p

Wilson, L. G., Boyette, M. D., Estes, E. A. (1999) *Postharvest Handling and Cooling of Fresh Fruits, Vegetables, and Flowers for Small Farms*. North Carolina Cooperative Extension Service. NC State University.

Xu, Y., Kim, K., Hanna, M., Nag, D. (2005) Chitosan-starch composite film: preparation and characterization. *Industrial Crops & Products*, 21(2), 185-192.

Yin X. R., Allan, A.C., Chen, K.S., Ferguson, I. B. (2010) Kiwifruit EIL and ERF Genes Involved in Regulating Fruit Ripening. *Plant Physiol*. 2010 July; 153(3): 1280–1292

Zhan, L., Hu, J., Li, Y., Panga, L. (2012) Combination of light exposure and low temperature in preserving quality and extending shelf-life of fresh-cut broccoli (*Brassica oleracea* L.). *Postharvest Biology and Technology* 72, 76–81

Zhang, M., Li, C. L., & Ding, X. L. (2005) Effects of heating conditions on the thermal denaturation of white mushroom suitable for dehydration. *Drying Technology*, 23(5), 1119-1125

Zhang, M., Tang, J., Mujumdar, A. S., Wang, S. (2006) Trends in microwave related drying of fruits and vegetables. *Trends in Food Science & Technology* 17, 524-534

Zhang, Z., Sun, D. (2006) Effect of cooling methods on the cooling efficiencies and qualities of cooked broccoli and carrot slices. *Journal of Food Engineering* 77, 320–326

Zucchini, D. C. (2010) *Preserv the harvest*. Utah State University

Endereços na Internet

Associação Brasileira do comércio de sementes e mudas – Disponível em www.abcsem.com.br – Consultado em 15 de setembro de 2012

EMBRAPA (2012) - www.cnph.embrapa.br - consultado em 26 de Abril de 2012

Insumos – Disponível em www.insumos.com.br – Consultado em 5 de Setembro de 2012

OMS – Organização Mundial de Saúde (2003) Promoting fruit and vegetable consumption around the world. Disponível em: <http://www.who.int/dietphysicalactivity/fruit/en/>, consultado a 19 de Março de 2012

PBH (1999) Dietary guidelines: the case for fruits and vegetables first. Produce for Better Health Foundation, Wilmington. Disponível em: <http://www.5aday.com> - consultado a 22 de Março de 2012

The European Food Information Council. Disponível em: www.eufic.org – consultado a 15 de setembro de 2012

www.quali.pt – consultado em 30 de Abril de 2012